

Energie aus Holz

in der Land- und Forstwirtschaft



Mit Unterstützung von Bund und Europäischer Union

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

 **LE 14-20**
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



Inhalt

10 Gründe für das Heizen mit Holz: Der Wald als Energiequelle	4
Energieholz aus heimischen Wäldern: Ein unverzichtbarer Beitrag zum Klimaschutz	6
Energie: Eine grundlegende Betrachtung	9
Heizwert des Holzes und Holzarten	13
Holz als Brennstoff	17
Grundlegendes zu Biomassebrennstoffen	17
Scheitholz	19
Hackgut	21
Sägenebenprodukte	24
Pellets und Briketts	26
Holzfeuerungsanlagen	28
Hackgutheizung	28
Pelletsheizung	30
Scheitholzheizung	34
Kombiheizungen	36
Feinstaub und Staubabscheider	37
Kachel- und Kaminöfen	38
Nahwärmeversorgung mit Biomasse	40
Strom aus Biomasse	43
Anlagendimensionierung	44
Pufferspeicher	47
Warmwasserbereitung	50
Anlagenoptimierung	52
Gut zu wissen!	54

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Vorwort

Energie aus Holz

Der Bioenergiesektor ist eine tragende Säule der heimischen Energieversorgung. Rund 750.000 Haushalte in Österreich nutzen Holzeinzelfeuerungen als primäres Heizsystem. Hinzu kommen 600.000 Nahwärmekunden, die von 2.500 Biomasseheizwerken sicher und nachhaltig mit Wärme versorgt werden. Unzählige Kachel- und Kaminöfen sowie Holzherde runden das Spektrum ab und sorgen für Behaglichkeit in heimischen Wohnzimmern. Holzenergie leistet einen unverzichtbaren Beitrag bei der Umstellung Österreichs auf ein nachhaltiges und klimaschonendes Energiesystem. Die Wertschöpfung bleibt in den ländlichen Regionen, was ihre Resilienz erhöht.

Heimische Unternehmen und Forschungseinrichtungen sorgen dafür, dass österreichische Bioenergietechnologien auf den internationalen Märkten führend sind. Die Verbrennungsqualität und Brennstoffausnutzung bei Biomassekesseln haben sich enorm verbessert. Heute erreichen moderne Biomassekleinfeuerungen bei einer beinahe rückstandsfreien Verbrennung Kesselwirkungsgrade von mehr als 90 %. Parallel dazu haben sich die Waldbesitzer als professionelle Rohstoffproduzenten und Energiedienstleister erfolgreich auf dem Markt etabliert.

Heizen mit Holz ist beliebter denn je. Behagliche Raumwärme, kombiniert mit regionaler Versorgungssicherheit, ist gefragt. Holzbrennstoffe basieren auf Reststoffen und Koppelprodukten der aktiven Waldbewirtschaftung. Diese würden sonst ungenutzt verrotten und dabei CO₂ in die Atmosphäre freisetzen. Die nachhaltige Verwendung von Bioenergie spielt eine Schlüsselrolle im Kampf gegen den Klimawandel. Holz als Brennstoff ersetzt klimaschädliche, fossile Energieträger und unterstützt bei der dringend notwendigen Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel.

Österreich verfügt über bedeutende Biomassepotenziale, die intelligent und sorgsam genutzt werden können. Die Anwendungsgebiete des Multitalents Holzbiomasse sind dabei vielfältig und entwickeln sich ständig weiter. Nirgendwo auf der Welt ist eine so breite Palette und vergleichbar hohe Anzahl an Biomasseanlagen wie in Österreich im Einsatz. Diese Anlagen stellen heute und in Zukunft das unverzichtbare Fundament für die sichere, klimafreundliche und leistbare heimische Energieversorgung dar.

10 Gründe für das Heizen mit Holz

Der Wald als Energiequelle

Österreich ist zu rund 48 % mit Wald bedeckt, was etwa der gesamten Staatsfläche der Schweiz entspricht. Mit 4 Millionen Hektar und 65 verschiedenen Baumarten wächst pro Sekunde 1 m³ Holz nach. Dies entspricht einer Energiemenge von mehr als 2.100 kWh. Mit dem in nur 10 Sekunden entstandenen Zuwachs kann ein durchschnittlicher Einfamilienhaushalt ein ganzes Jahr lang beheizt werden. Insgesamt befinden sich mehr als 1,2 Milliarden m³ Holz in Österreichs Wäldern. Jährlich wachsen rund 30 Millionen m³ nach. Mit einem Drittel dieses Zuwachses könnte der gesamte jährliche Hochbau in Österreich durch Holz ersetzt werden, was CO₂ über Jahrhunderte in Gebäuden speichern könnte.

Nachhaltigkeit ist ein zentraler Grundsatz, der vorschreibt, dem Wald nur so viel Rohstoff zu entnehmen, wie auch nachwachsen kann.

Österreich verfügt über eines der strengsten Forstgesetze weltweit, das seit mehr als 165 Jahren die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder verpflichtend vorschreibt. Österreichs Waldbauern und Forstbetriebe leben die Nachhaltigkeit im Wald seit Generationen. Die jährliche Nutzung des Holzes liegt unter dem Zuwachs selbst. Somit bleiben jährlich mehr als 4 Millionen m³ Holz im Wald und tragen zum Aufbau des Holzvorrats bei. Die österreichische Waldfläche nimmt jährlich um ca. 6.000 Hektar zu, was etwa 8.300 Fußballfeldern entspricht. In den letzten 50 Jahren hat sich die Waldfläche Österreichs um mehr als die Fläche Vorarlbergs vergrößert.

Mehr als 80 % der österreichischen Wälder werden als Ertragswald bewirtschaftet und sind ein wichtiger Teil unserer Kulturlandschaft. Insgesamt befinden sich 82 % der österreichi-



schen Wälder in Privatbesitz, wobei mehr als die Hälfte davon auf Kleinwaldbesitzer entfällt. Der Wald ist nicht nur ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor, der in Österreich mehr als 300.000 Personen in der Forst- und Holzwirtschaft beschäftigt, sondern er erfüllt auch wichtige Funktionen als Schutz-, Erholungs- und Wohlfahrtswald.

Zusätzlich zu seiner wirtschaftlichen Bedeutung ist der Wald auch für den Klimaschutz unverzichtbar. Aktive nachhaltige Waldbewirtschaftung sichert stabile Waldbestände mit optimalen Kohlenstoffaufnahmeleistungen und bestmöglichen Substitutionseffekten. Damit werden klimaschädliche fossile Rohstoffe und Energieträger ersetzt.

- 1)** Holz ist unsere wichtigste erneuerbare Energieressource und leistet einen unverzichtbaren Beitrag zur Versorgungssicherheit.
- 2)** Die Aufbereitung und Verwendung von Energieholz fördern die regionale Wertschöpfung und sichern Arbeitsplätze im ländlichen Raum.
- 3)** Heizen mit Holz ist eine CO₂-neutrale Form der Energieverwendung im Kreislauf der Natur. Mit der in Österreich praktizierten nachhaltigen Waldbewirtschaftung wird bei der Energieholznutzung freigesetztes CO₂ durch die Photosynthese wieder für den Aufbau neuer Biomasse verwendet.
- 4)** Holzerzeugung durch nachhaltige Waldbewirtschaftung ist für die Erhaltung dauerhaft stabiler Waldökosysteme unverzichtbar. Die standortangepasste

Waldpflege liefert nachwachsende Rohstoffe und bietet auch Schutz, Erholung und Wohlfahrt für die Bevölkerung.

- 5)** Die Verwendung von Holz als Energieträger beansprucht in erster Linie Sortimente, die für andere Verwertungen nicht nachgefragt werden.
- 6)** Die Waldbesitzer verfügen vom Hochgebirge bis ins Tiefland über energieeffiziente Verfahren zur optimalen Ernte und Aufbereitung des Holzes in unserer vielfältigen Kulturlandschaft.
- 7)** Die kurzen Transportwege von regional verfügbarem Energieholz schonen nicht nur das Klima und die Umwelt, sondern machen uns auch unabhängiger von globalen Krisen.
- 8)** Die Lagerung von Holzbrennstoffen in Haus und Hof ist technisch einfach machbar und deutlich sicherer als bei flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen.
- 9)** Österreichische Unternehmen sind internationale Technologieführer bei modernen Biomasseanlagen, die alle geforderten Vorgaben und Normen der Luftreinhaltung und Energieeffizienz erfüllen.
- 10)** Die Nutzung von heimischem Holz für Energiezwecke ist ein wesentlicher Eckpfeiler des Klimaschutzes und schafft Bewusstsein für die Bedeutung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Österreich.

Energieholz aus heimischen Wäldern

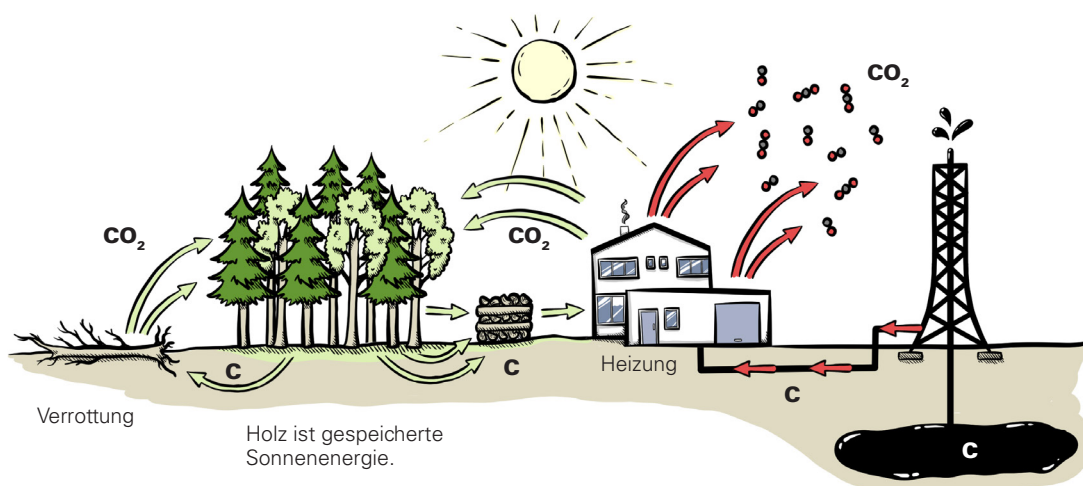
Ein unverzichtbarer Beitrag zum Klimaschutz

Aktiver Klimaschutz erfordert den Übergang von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas zu erneuerbaren Energieträgern. In Österreich nimmt Holz bereits eine herausragende Stellung als erneuerbarer Energieträger ein. Etwa ein Drittel des österreichischen Energiebedarfs wird derzeit durch erneuerbare Energien gedeckt, wobei die Biomasse als wichtigster Bestandteil mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energieversorgung ausmacht.

Der Baum – ein natürlicher Energiespeicher

Kohlenstoff ist, neben Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, einer der essenziellen Bausteine des Lebens. Das Gleichgewicht dieser Elemente in der Atmosphäre ist für die günstigen Lebensbedingungen auf der Erde entscheidend, speziell aber der Gehalt von CO_2 . Pflanzen sind die einzigen Lebewesen, die mithilfe der Photosynthese Sonnenenergie aufnehmen und chemisch speichern können.

Während dieses Prozesses nimmt die Pflanze CO_2 und Wasser auf und wandelt sie durch die Sonnenenergie in Traubenzucker (Glukose) um. Nebenprodukt dieses Vorgangs ist Sauerstoff. Die im Holz gespeicherte Sonnenenergie ist in hohem Maß wieder als Wärmeenergie nutzbar. Deshalb spricht man beim Einsatz von Biomasse als Energieträger von einem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf.



Der natürliche Kohlenstoffkreislauf ist durch die Photosynthese CO_2 -neutral.

Die fossile Einbahnstraße belastet die Atmosphäre durch CO_2 -Anreicherung.

Der CO₂-Kreislauf

Ein nachhaltig bewirtschafteter Wald ist die beste Klimaschutzmaßnahme. Bei einer nachhaltigen energetischen Verwendung von Holz schließt sich der natürliche CO₂-Kreislauf. Denn bei der Verbrennung wird genau dieselbe Menge an CO₂ freigesetzt, die zuvor im Zuge der Photosynthese im Wald gebunden wurde. Verrotten Bäume ungenutzt im Wald, wird ebenso dieselbe CO₂-Menge an die Atmosphäre abgegeben. Durch die Bereitstellung von Holzprodukten und Energie schafft der Wald regionale Wertschöpfung und ersetzt klimaschädliche fossile Brennstoffe. Solange die Holznutzung in unseren Wäldern dem jährlichen Holzzuwachs entspricht, ist das Holz CO₂-neutral.



**1 Festmeter Holz bindet
rund 1 Tonne CO₂**

Im Gegensatz dazu haben fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas seit der Industrialisierung zur CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre geführt. Das bei ihrer Verbrennung freigesetzte CO₂ kann nicht im selben Maße wieder gebunden werden, denn die Entstehung von fossilen Brennstoffen kann Millionen von Jahren dauern. Das zusätzliche CO₂ in der Atmosphäre führt zum sogenannten Treibhauseffekt, bei dem die Atmosphäre verstärkt Sonnenenergie absorbiert und sich dadurch erwärmt.

Klimaneutralität von Biomasse: Fakten und Zusammenhänge

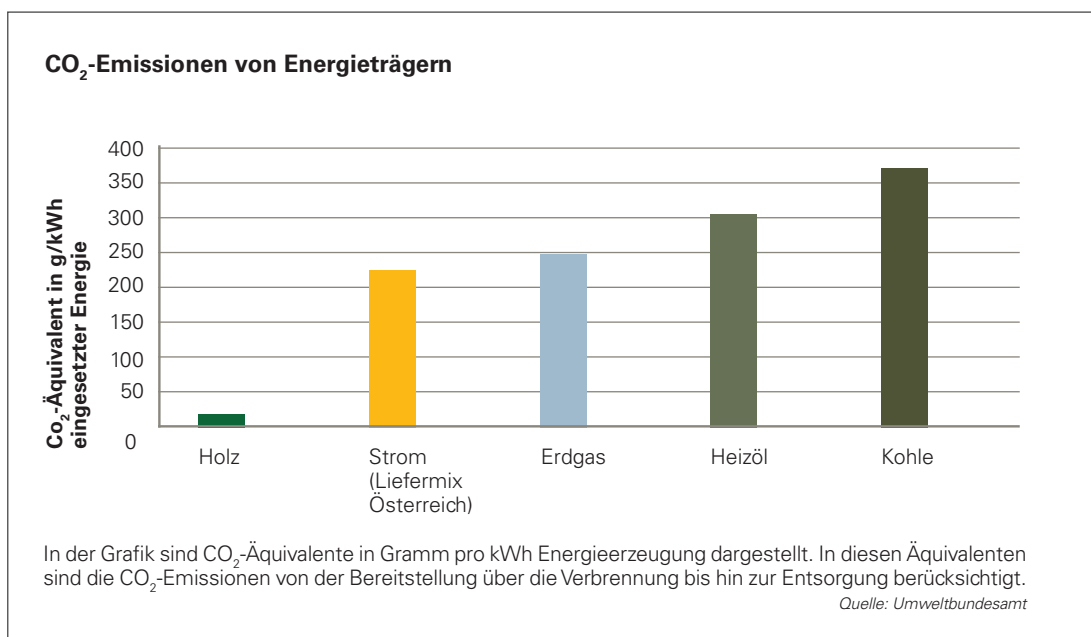
- Bei der Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen, einschließlich Holz, wird CO₂ freigesetzt. Etwa 1,6 kg CO₂ pro kg Holz werden während der Verbrennung in die Atmosphäre abgegeben. Diese Menge entspricht exakt der Menge an CO₂, die während des Baumwachstums gespeichert wird. Durch nachhaltige Waldbewirtschaftung, die in Österreich gesetzlich geregelt ist, ist die Verbrennung von Holz CO₂-neutral. Der Holzzuwachs übersteigt seit Jahrzehnten die Holzernte, wodurch der Wald mehr CO₂ speichert, als bei der Verbrennung freigesetzt wird.
- Die Annahme, dass ein nicht bewirtschafteter Wald (Urwald) mehr CO₂ speichert als ein bewirtschafteter, ist grundlegend falsch. In einem Urwald werden am Ende des Lebenszyklus in den Bäumen gebundene Kohlenstoffmengen wieder freigesetzt. Das Ziel der nachhaltigen Forstwirtschaft besteht darin, das Wachstum des Baumbestands zu fördern und die Freisetzung von Kohlenstoff während des Lebenszyklus zu minimieren. Bäume speichern den größten Anteil an Kohlenstoff im Alter zwischen 40 und 60 Jahren. Danach nimmt das Wachstum ab. Dies geht mit einer geringeren Kohlenstoffaufnahmefähigkeit einher. Nur durch aktive nachhaltige Waldbewirtschaftung wird der Holzzuwachs und damit die Bindung von CO₂ optimiert.
- Auf die energetische Nutzung von Holz entfällt nur ein geringer Anteil der insgesamt geernteten Holzmenge. Energieholz ist ein Koppelprodukt der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Hauptsächlich wird Holz für die Weiterverarbeitung durch die

Säge- und Holzindustrie genutzt. Für die Energiegewinnung werden vorwiegend minderwertige Sortimente eingesetzt, die von der Holzindustrie nicht benötigt werden. Der direkte Anteil von Energieholz (Waldhackgut, Scheitholz) beträgt nur 15 % des gesamten Einschlags. Der Großteil des Energieholzbedarfs wird innerösterreichisch, regional und dezentral gedeckt.

- Bei der Holzernte und Waldpflege entstehen Emissionen durch den Einsatz von Harvestern, Traktoren, Motorsägen und anderen Geräten, die in der Regel mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Das Umweltbundesamt gibt für Holzernte und Brennholzerzeugung indirekte Emissionen von 63 Gramm CO₂ pro Kilogramm Holz oder umgerechnet 18 Gramm pro Kilo-

wattstunde Energie an. Im Vergleich dazu sind die indirekten Emissionen von fossilen Brennstoffen (z. B. bei der Erdölgewinnung und -verarbeitung zu Heizöl) fünfmal höher als bei der Verwendung von Holz.

- Heizen mit Holz ist umweltfreundlich und emissionsarm. Allen Vorurteilen zum Trotz ist die Verbrennung von Biomasse eine saubere Sache. Die Nutzung moderner Holzheizsysteme hat zu einer erheblichen Reduzierung von Feinstaubemissionen (PM₁₀) geführt. Seit 1990 wurden diese Emissionen um mehr als 35 % reduziert, obwohl die Anzahl der Biomassefeuerungen gestiegen ist. Moderne Holzheizanlagen verursachen lediglich 3 % der österreichischen Feinstaubemissionen.



Energie

Eine grundlegende Betrachtung

Energie ist allgegenwärtig und bildet das Fundament unseres Universums. Sie ist eine essenzielle Größe in der Physik, die verschiedene Formen annehmen kann. Zum besseren Verständnis werden die wichtigsten Begriffe und Energieeinheiten im Folgenden kurz erläutert.

Stufen der Energie

Nach der Reihenfolge ihres Einsatzes lässt sich **Energie** in vier Stufen einteilen. Dabei kann Energie weder erzeugt noch zerstört werden, sondern lediglich von einer Form in eine andere umgewandelt werden – das besagt der Energieerhaltungssatz.

- **Primärenergieträger:** Diese kommen in der Natur direkt vor, wie Stein- und Braunkohle sowie Erdöl oder Erdgas. Erneuerbare Energiequellen zählen ebenfalls zu den Primärenergieträgern. Sie sind keiner Umwandlung unterworfen.
- **Sekundärenergieträger:** In den meisten Fällen muss Primärenergie in Kraftwerken, Raffinerien etc. in Sekundärenergieträger umgewandelt werden. Sekundärenergie ist Energie, die als Ergebnis eines Umwandlungsprozesses und unter Energieverlust aus Primärenergie gewonnen wird (z. B. Strom, Fernwärme, Pellets, Heizöl oder Benzin).
- **Endenergie:** Ist die Energie am Ort des Verbrauchers (z. B. die Energie, die in den im Keller eingelagerten Pellets steckt, die im Heizöl im Öltank enthaltene Energie oder der Strom aus der Steckdose).

- **Nutzenergie:** Ist jene Energie, die dort abgegeben wird, wo sie benötigt wird, wie z. B. die Wärme, die am Heizkörper abgegeben wird, um den Raum zu heizen, das Licht für die Raumbelichtung oder die Kälte für Kühlgeräte.

Zwischen der **Endenergie** und der **Nutzenergie** stehen mehrere Verluste. Der Brennstoff (z. B. Pellets) muss verbrannt werden, um Wärme abzugeben. Dabei entstehen Abgasverluste, Abstrahlungsverluste durch den Heizkessel, Bereitschaftsverluste und Verteilverluste im Rohrnetz des Heizungssystems. All diese Verluste über ein Jahr zusammengefasst finden ihren Niederschlag im **Jahresnutzungsgrad** der Heizanlage.

Energieeinheiten

Energie ist eine zentrale Größe der Physik und wird benötigt, wenn eine Arbeit verrichtet wird. Die internationale Grundeinheit für Energie, wie auch für Arbeit und Wärmemenge, ist das **Joule (J)**.

Da die Einheit sehr klein ist, wird in der Praxis oft die vom Joule abgeleitete **Kilowattstunde (kWh)** verwendet. Eine Kilowattstunde entspricht der Menge Energie, die ein Gerät mit einer Leistung von einem Kilowatt innerhalb einer Stunde verbraucht. Die kWh ist eine gängige Einheit im Haushalt und in der Industrie, um den Energieverbrauch von Elektrizität oder Wärme zu quantifizieren.

$$\text{Energie} = \text{Leistung} \times \text{Zeit}$$

Es besteht folgender Zusammenhang zwischen J und kWh:

1 Joule (J) = 1 Wattsekunde (Ws)

3.600 Joule (J) = 1 Wattstunde (Wh)

3.600 Kilojoule (kJ) = **1 Kilowattstunde (kWh)**

3,6 Megajoule (MJ) = **1 Kilowattstunde (kWh)**

Da die Einheiten Joule und Watt für energiewirtschaftliche Überlegungen sehr kleine Einheiten darstellen, werden zur einfacheren Schreibweise Vielfache dieser Einheiten gebildet. Beispielsweise sind 1.000 Joule ein Kilojoule oder eine Million Joule ein Megajoule.

Neben den modernen Energieeinheiten wie Joule und Kilowattstunde gibt es auch weitere, teils veraltete Energieeinheiten, die in bestimmten Kontexten noch Verwendung finden. Beispiele hierfür sind die Kilokalorie (kcal), die insbesondere im Zusammenhang mit der Energieaufnahme von Lebensmitteln verwendet wird, die Rohöleinheit, die in der Ölindustrie zur Beschreibung von Ölvorräten

bzw. unter dem englischen Begriff „oil equivalent“ (OE oder TOE) auch in europäischen Berichten genutzt wird, und die Steinkohleeinheit, die früher die der Energiegewinnung aus Kohle relevant war. Obwohl diese Einheiten heutzutage seltener verwendet werden, sind sie historisch bedeutsam und tragen zum Verständnis der Entwicklung des Energiebegriffs bei.

Leistung

Energie und Leistung sind zwei Begriffe, die oft verwechselt werden, aber einen wichtigen Unterschied aufweisen. Wie zuvor erwähnt, ist Energie die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten oder Wärme zu erzeugen.

Leistung ist die in einer bestimmten Zeit verrichtete Arbeit. Je kleiner die Zeit, desto größer die Leistung. Leistung kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt gemessen werden, während Energie über eine bestimmte Zeitspanne (eine Sekunde, eine Stunde oder ein Jahr) gemessen wird. Die Einheit der

Leistung ist das **Watt (W)** und entspricht einem Joule pro Sekunde.

Die am Typenschild eines Heizkessels angegebene Nennwärmeleistung wird in Kilowatt (kW) angegeben und ist die maximale Leistung, die ein Heizkessel im Dauerbetrieb erbringen kann. Eine Heizung mit einer Leistung von 20 kW kann beispielsweise in einer Stunde 20 kWh Wärmeenergie erzeugen. Bei halber Leistung dauert es doppelt so lang, um dieselbe Energie zu erzeugen. Leistung ist also ein Maß für die Geschwindigkeit der Energieübertragung, während Energie die gesamte Menge beschreibt.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit (Energie)}}{\text{Zeit}}$$

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist ein entscheidender Parameter, um die Effizienz der Energiegewinnung zu bewerten. Er gibt in Prozent an, wieviel von der zugeführten Leistung (Energie) nutzbar abgegeben wird.

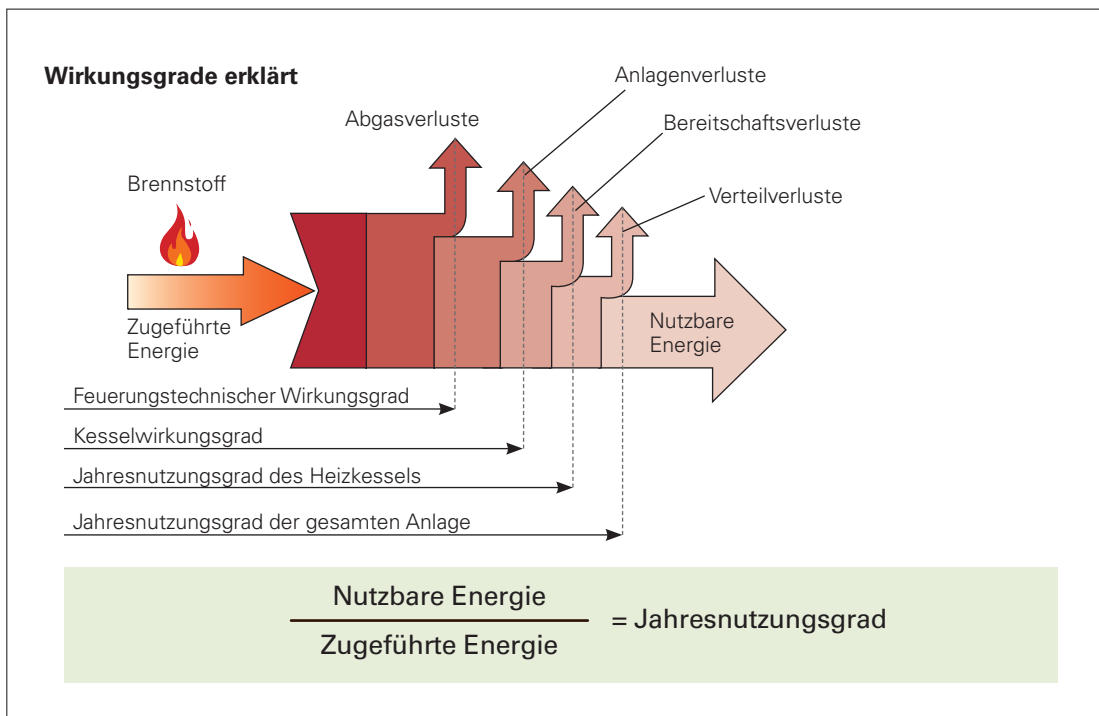
$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}} = \frac{\text{Nutzwärme}}{\text{zugeführte Wärme}} \times 100 \text{ (in \%)}$$

Feuerungstechnischer Wirkungsgrad

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad beschreibt die Effizienz eines Heizkessels unter Berücksichtigung der Abgasverluste. Diese hängen von der Zusammensetzung der Rauchgase ab und lassen sich über eine CO₂- oder eine O₂-Messung ermitteln. Die Strahlungsverluste des Kessels werden dabei nicht berücksichtigt.

Kesselwirkungsgrad

Der Kesselwirkungsgrad lässt sich aus dem Verhältnis von abgegebener Heizleistung zu zugeführter Brennstoffenergie ermitteln. Neben der Energie, die mit den Abgasen entweicht, wird auch der Strahlungsverlust des Kessels an seinen Aufstellungsraum berücksichtigt. Der Kesselwirkungsgrad ist daher geringer als der feuerungstechnische



Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad hängt von der Qualität der Feuerungstechnologie ab und kann je nach Heizanlage variieren. Moderne Holzheizsysteme haben in den letzten Jahren deutliche Fortschritte gemacht, sodass der Wirkungsgrad erheblich gesteigert werden konnte.

Jahresnutzungsgrad des Heizkessels

Der Jahresnutzungsgrad des Kessels ergibt sich aus dem Verhältnis der in einem Jahr abgegebenen Wärmemenge zur zugeführten Wärmemenge (Brennstoffenergie) in Kilowattstunden. Hier werden Start-Stopp-Verluste oder individuelle Lastzyklen berücksichtigt.

Beispiel: Liegt der Pelletsverbrauch in einem Jahr bei 5.000 kg (entspricht ca. 24.000 Kilo-

wattstunden Brennstoffenergie) und die abgegebene Wärmemenge bei 20.000 Kilowattstunden, beträgt der Jahresnutzungsgrad des Heizkessels 83,3 %.

Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlage

Dieser berücksichtigt zusätzlich noch die Verteilungsverluste, die sich aus den Strahlungsverlusten im Aufstellungsraum der Anlage und der Verteilung durch Leitungen und Pumpen zusammensetzen. Der Jahresnutzungsgrad bezieht sich auf den gesamten Nutzungszyklus einer Heizanlage und ist eine wichtige Kennzahl für die Bewertung der Effizienz eines Holzheizsystems.

Heizwert

des Holzes und Holzarten

Holz ist nicht gleich Holz, wenn es um dessen energetischen Nutzen geht. Entscheidend für eine hohe Energieausbeute ist in erster Linie der **Wassergehalt** sowie in weiterer Folge die **Holzart**, die **Stückgröße** und die **Masse** (herkömmlich Gewicht genannt) des verwendeten Holzes.

Die nutzbare Wärmemenge von Holz, die bei vollständiger Verbrennung freigegeben wird, nennt man **Heizwert (H_v)**. Dieser gibt die Energiemenge (z. B. Kilowattstunden oder Megajoule) je Kilogramm Brennstoffgewicht an. Das im Brennstoff enthaltene Wasser wird bei der Verbrennung verdampft und über den Kamin abgegeben.

Neben dem Heizwert gibt es auch noch den **Brennwert (H_b)**. Hierbei wird zusätzlich zur

Energie aus der vollständigen Verbrennung des Brennstoffs (Heizwert), auch noch die Wärmemenge aus dem kondensierenden Wasserdampf berücksichtigt. Der Brennwert ist daher immer höher als der Heizwert. Der Unterschied hängt von der Wasserdampfmenge bzw. vom Wassergehalt des Brennstoffs ab. Bei trockenem Energieholz liegt der Brennwert rund zehn Prozent über dem Heizwert. Die spezielle Brennwerttechnologie bei Heizkesseln nutzt dieses Prinzip und erhöht dadurch den Wärmeertrag aus der Verbrennung.

Der Energieinhalt von Holz wird üblicherweise als Heizwert angegeben. Bei Erdgas wird meistens der Brennwert angegeben. Dies muss gerade bei einem Brennstoffvergleich berücksichtigt werden.

Heizwertvergleich mit anderen Energieträgern

Energieträger	Holz			Heizöl	Erdgas
Für 10 kWh benötigt man	 fest, Scheitholz	 fest, Hackschnitzel	 fest, Pellets	 flüssig	 gasförmig
Gewicht in kg	2,5 kg (lufttrocken)			2,1 kg	0,86 kg (1 Liter)
				0,86 kg (1 Liter)	0,84 kg (1 m ³)

Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Der Wassergehalt ist der entscheidende Faktor für den Heizwert von Holz, für den optimalen Verbrennungsprozess und für geringe Emissionen. Für den klassischen Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern darf das Brennholz nicht mehr als 20 % Wasser enthalten. Das im Holz enthaltene Wasser macht ansonsten genau das, was es in Berührung mit Feuer immer tut: es löscht. Das Feuer geht zwar nicht aus, aber die Temperaturen sinken unter den Optimalbereich der effizienten Energie-

gewinnung, was zu vermehrter Rauchbildung, höheren Emissionen sowie Schädigungen am Kamin führt. Bei der Verbrennung von zu nassem Holz sinkt die Energieausbeute drastisch. Trocken gelagertes Holz hat einen doppelt so hohen Heizwert wie waldfrisches Holz, da ein Teil der freiwerdenden Energie für die Verdampfung des im Holz enthaltenen Wassers verloren geht. Das enthaltene Wasser entweicht als Dampf energetisch ungenutzt mit dem heißen Rauchgas aus der Heizanlage.

Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt

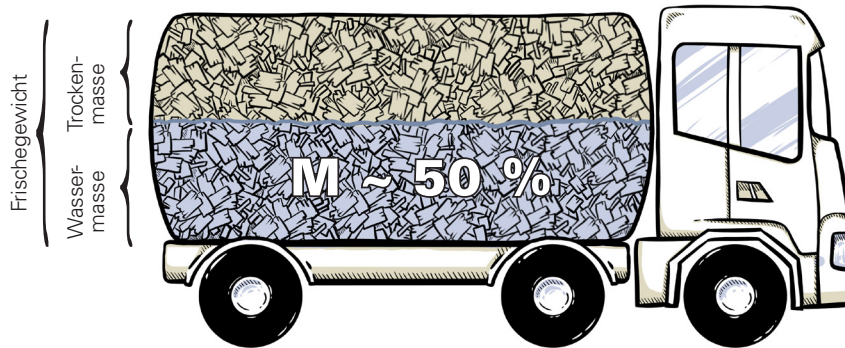
Zustand des Holzes	Wassergehalt (M)	Heizwert (H _u)
waldfrisch	50–60 %	2,0 kWh/kg
über einen Sommer gelagert	25–35 %	3,4 kWh/kg
über mehrere Jahre gelagert	15–25 %	4,0 kWh/kg

In der Praxis werden häufig zwei Ausdrücke verwechselt: Wassergehalt und Holzfeuchte. Der Wassergehalt (M) gibt das Verhältnis zwischen Wasser und Gesamtmasse (Frischegewicht) an. Bei der energetischen Verwendung von Holz wird immer vom Wassergehalt gesprochen.

$$M = \frac{\text{Frischegewicht} - \text{Trockenmasse}}{\text{Frischegewicht}} \times 100 \text{ (in \%)}$$

Die Holzfeuchte (U) gibt das Verhältnis zwischen Wasser und Trockensubstanz an. In der Papier- und Plattenindustrie ist die Holzfeuchte das übliche Maß.

$$U = \frac{\text{Frischegewicht} - \text{Trockenmasse}}{\text{Trockenmasse}} \times 100 \text{ (in \%)}$$



Tipp

Auf Seite 55 finden Sie eine Umrechnungstabelle von Wassergehalt zu Feuchte.

Praxisbeispiel: Ein Stück waldfrisches Holz hat 2 kg. 1 kg davon ist Wasser und 1 kg davon ist Trockenmasse. Das Brennholzstück hat somit einen Wassergehalt (M) von 50 % und einen Feuchtegehalt (U) von 100 %.

Heizwert in Abhängigkeit von Gewicht

Bezogen auf die Masse (umgangssprachlich Gewicht) weisen alle Holzarten bei gleichem Wassergehalt einen nahezu identischen Heizwert auf. Nadelholz hat aufgrund seines höheren Anteils an Lignin und Harzen einen etwas höheren Heizwert pro Kilogramm als

Laubholz. Der Heizwert von absolut trockenem Holz beträgt rund fünf Kilowattstunden pro Kilogramm, weitgehend unabhängig von Art und Sorte des Holzes.

Die fairste Art der Energieholzübernahme ist eine Verrechnung des Energieholzes nach Gewicht und Wassergehalt. Die Holzart ist vernachlässigbar, da alle Holzarten einen nahezu identischen Heizwert pro Kilogramm Holz aufweisen. Diese Vorgehensweise hat jedoch den Nachteil, dass eine Waage zur Bestimmung des Gewichts vorhanden sein muss, sowie technisches Gerät zur Bestimmung des Wassergehalts.

Energiegehalt von absolut trockenem Holz

Holzart	Heizwert (H_U)
Laubhölzer	5,00 kWh/kg
Nadelhölzer	5,28 kWh/kg

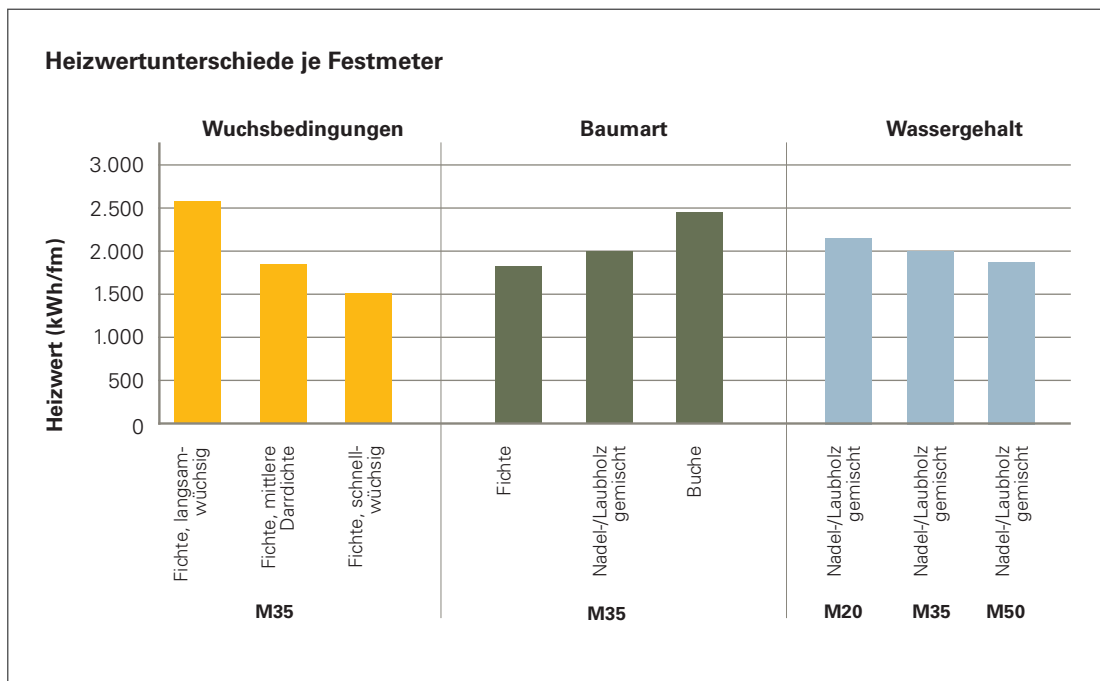
Bei der Holzübernahme nach Gewicht und Wassergehalt ist die Holzart vernachlässigbar. Die Heizwerte von allen Holzarten sind nahezu identisch.

Heizwert in Abhängigkeit von Volumen

In der Praxis wird Brennholz häufig als Volumsmaß – also gemessen in Raummetern oder Schüttraummetern – übernommen und vermarktet. Hierbei müssen die unterschiedlichen Holzarten berücksichtigt werden. Die Unterschiede bei den volumenbezogenen Heizwerten zwischen Hart- und Weichholz ergeben sich, vereinfacht ausgedrückt, dadurch, dass weiche Hölzer mehr Luft in den Zellen enthalten. Der höhere Luftanteil trägt kaum etwas zum Gewicht bei, sondern erhöht nur das Volumen der Scheite. Aus diesem Grund hat z. B. ein Raummeter Buche (Hartholz) durchschnittlich einen um 40 Prozent

höheren Heizwert als ein Raummeter Fichte (Weichholz). Weichholz ist daher, was das Volumen betrifft, preisgünstiger als Hartholz – allerdings benötigt man mehr Holz, um dieselbe Wärmemenge zu gewinnen.

Neben den Heizwerten für unterschiedliche Holzarten variiert der Heizwert auch innerhalb einer Holzart sehr stark. Die Wuchsbedingungen bestimmen maßgeblich die Dichte und somit den Energiegehalt nach Volumsmaß. Beispielsweise kann eine langsam wachsende Fichte denselben Energiegehalt je Schüttraummeter aufweisen wie eine durchschnittliche Buche.



Holz als Brennstoff

Grundlegendes zu Biomassebrennstoffen

Energieholz stellt eine bedeutende nachhaltige Wärmequelle dar und wird vielfach als Koppelprodukt bei der Nutzholzerzeugung gewonnen. Einige Holzbrennstoffe, wie Waldhackgut und Scheitholz, werden direkt von der Forstwirtschaft produziert, während andere, wie Rinde, Industriebhackgut, Kapp- und Spreißelholz sowie Pellets, in der Holzverarbeitenden Industrie anfallen und produziert werden. In der Forst- und Holzwirtschaft wird bei der Messung von Energieholz zwischen volumenbezogenen und gewichtsbezogenen Maßeinheiten unterschieden. Zu den volumenbezogenen Maßeinheiten zählen der Festmeter (fm) für Rundholzsortimente und der Raummeter (rm) für geschichtetes Holz bis zu 2 Metern Länge. Für kleinstückiges Holz wie Hackgut wird hingegen die Einheit Schüttraummeter (srm) verwendet. Auf der anderen Seite werden gewichtsbezogene Einheiten wie die Atro-Tonne und die Lutro-Tonne herangezogen.

- 1 Festmeter (fm) ist die Maßeinheit für einen Kubikmeter feste Holzmasse ohne Luftzwischenräume
- 1 Raummeter (rm) ist die Maßeinheit für geschichtetes Holz, das unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von einem Kubikmeter ergibt.
- 1 Schüttraummeter (srm) ist die Maßeinheit für zerkleinertes, geschüttetes Holz (z. B. Hackgut, Sägespäne, Stückholz), das unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von einem Kubikmeter ergibt.
- 1 Atro-Tonne „absolut trockenes“ Holz ist die Maßeinheit für die (rechnerisch ermittelte) Masse bei einem Wassergehalt von 0 %.
- 1 Lutro-Tonne ist „lufttrockenes“ Holz mit dem beim Wiegen gegebenen Wassergehalt.

Umrechnungsfaktoren

Die in der Tabelle angeführten Werte sind Richtwerte, die je nach Schichtung, Korngröße und Verdichtung beim Transport schwanken können.

Umrechnungsfaktoren gebräuchlicher Brennholzsortimente

Sortiment	Rundholz	Scheitholz	Stückholz		Hackgut	
	fm	rm	rm geschlichtet	srm geschüttet	srm P16 fein	srm P45 mittel
1 fm Rundholz	1	1,4	1,2	2	2,5	3
1 rm Scheitholz geschlichtet	0,7	1	0,8	1,4		
1 rm Stückholz geschlichtet	0,85	1,2	1	1,7		
1 rm Stückholz geschüttet	0,5	0,7	0,6	1		
1 srm Hackgut P16 fein	0,4	0,55			1	1,2
1 srm Hackgut P45 grob	0,33	0,5			0,8	1

Vor allem bei Heizwerken oder Kraftwerken sind Übernahmen nach dem Gewicht handelsüblich. Um entsprechende Preisvergleiche bzw. Rückrechnungen auf Festmeter anstellen

zu können, sind gemäß den Österreichischen Holzhandelsusancen folgende Atro-Gewichte je nach Holzart für die verschiedenen Baumarten anzuwenden.

Atro- und Frischgewichte der wichtigsten Holzarten je Festmeter

Holzart	Atro-Gewicht	Frischgewicht
Fichte/Tanne	410	806
Kiefer	510	996
Lärche	550	1.083
Rotbuche	680	1.241
Eiche	680	1.301
Birke	640	1.225
Esche	670	1.292
Erle	490	946
Pappel	410	785

Mit dem Anlieferungsgewicht, den Umrechnungszahlen der verschiedenen Brennholzsortimente sowie dem Wassergehalt können die Baumarten untereinander bezüglich ihres Energiegehalts verglichen werden. Der Energiegehalt je Kilogramm Atro-Gewicht ist bei allen Holzarten nahezu identisch.

Gewichte in Kilogramm je Festmeter. Die Gewichte können je nach Region, Höhenstufe, Wachstum bzw. Bonität nach oben und unten abweichen. Bei den Werten handelt es sich um Normwerte.




Wert von Energieholz und Holzbrennstoffen

Holz ist ein wertvoller Energieträger und hat seinen Wert. Nehmen wir an, der Energiepreis beträgt 15 Cent pro Kilowattstunde. Ein Liter Heizöl extraleicht (EL) kostet dann beispielsweise 1,5 Euro. Unter denselben Bedingungen könnte der theoretische Preis für einen Raummeter Stückholz mit einem Wassergehalt von 15 % bei 337 Euro liegen. Für einen Schüttraummeter Weichholz-Hackgut mit einem Wassergehalt von 30 % wären es 108 Euro. In der Praxis sind die Preise für Energieholz jedoch deutlich niedriger und im Vergleich zur gleichen Energiemenge wesentlich kostengünstiger als Heizöl.



Scheitholz

Scheitholz oder Stückholz stellt eine klassische Form des Brennholzangebots dar. Bei Scheitholz spricht man üblicherweise von gespaltenem Holz mit einer Stücklänge von 1 m. Stückholz ist bereits ofenfertiges Brennholz mit Stücklängen von üblicherweise 0,25, 0,33 und 0,5 m Länge. Die Versorgung mit Scheitholz erfolgt überwiegend durch Eigenwerbung oder dezentrale Partnerschaften in der Region.

Heizöl	Weichholz	Hartholz
 <p>1.000 l</p>	 <p>8 rm</p>	 <p>6 rm</p>

1.000 Liter Heizöl entsprechen rund 7 bis 8 rm Weichholz oder 5 bis 6 rm Hartholz.

Dieses Sortiment wird in Hart- und Weichholz unterteilt, wobei der Einsatz von Stückholz in Kamin- und Kachelöfen sowie in Kombinationskesseln (Stückholz/Pellets) zunehmend beliebter wird. Die Stückgröße variiert je nach Verwendungszweck zwischen 25 und 100 cm, wobei die üblichen Stücklängen im Brennholzhandel bei 33 cm und 50 cm liegen. Ein Raummeter Buchenscheitholz kann etwa 200 Liter Heizöl extraleicht ersetzen, während ein

einziges Holzscheit mit 1 Meter Länge die Wärme von ungefähr 4 Litern Heizöl extraleicht liefert. Hartes Brennholz wie Buche, Ahorn, Eiche, Esche und Birke wird vorrangig für die Beheizung von Kamin- und Kachelöfen genutzt. Hartholz erzeugt eine gleichmäßige, langanhaltende Wärme und produziert reichlich Glut. Es verbrennt nahezu ohne Funkenflug und eignet sich daher besonders gut für Öfen mit Sichtfenstern.

Energiegehalt von Scheitholz

Holzart	Heizwert in kWh/kg	Heizwert in kWh/rm	Gewicht in kg/rm
Buche	3,86	1.995	513
Eiche	3,86	2.060	534
Birke	3,86	1.938	502
Pappel	3,86	1.243	322
Fichte	4,09	1.344	329
Kiefer	4,09	1.665	407

Die Faustzahlen gelten für Brennholz mit einem Wassergehalt (M) von 20 %.

Scheitholzkauf

Beim Kauf von Scheitholz wird üblicherweise das Raummetermaß (rm) verwendet. Aufgrund variabler Stückgrößen und Schichtungen beträgt der Holzanteil etwa 70 %, während der Luftanteil bei rund 30 % liegt. Seit neuem wird Stückholz häufig als Schüttgut (lose oder nach Gewicht) gehandelt, insbesondere wegen des Einsatzes hochmechanisierter Brennholzautomaten bei der Produktion. Lose geschüttetes Material weist mehr Luftzwischenräume auf, was die Übernahme anhand des Raummaßes erschwert. Die im vorherigen Abschnitt angegebenen Umrechnungszahlen können als Annäherungswerte herangezogen werden.

Qualitätsansprüche durch richtige Lagerung und Trocknung

Die Qualität von Brennholz wird maßgeblich durch korrekte Lagerung und Trocknung bestimmt. Bis ein lufttrockener Zustand von Brennholz (14–16 % Wassergehalt) erreicht ist, ist eine ein- bis zweijährige Lagerung erforderlich, wobei die genaue Dauer vom Lagerstandort abhängt. Insbesondere bei windigen sonnseitigen Standorten kann die Lagerdauer weniger als ein Jahr betragen. Eine zügige Trocknungszeit ist wichtig, um den natürlichen Substanzabbau zu minimieren. Eine Lagerung im Wald oder direkt am Boden des Waldes ohne entsprechende Unterlagen führt zu erheblichen Heizwertverlusten. Jede

Holzart (Hart- und Weichholz) kann prinzipiell zu Scheitholz verarbeitet werden, jedoch sollte verfaultes, morsches, stark verschmutztes oder chemisch behandeltes Holz keinesfalls als Brennholz verwendet werden.

Die richtige Lagerung und Trocknung von Stückholz ist eine entscheidende Voraussetzung für umweltbewusstes und kostengünstiges Heizen. Bei der Vor- bzw. Einlagerung sind folgende Tipps zu beachten:

- Für einen effizienten Trocknungsprozess ist das Spalten des Holzes erforderlich. Kleine Scheite trocknen aufgrund ihrer größeren Oberfläche schneller. Ungespaltenes Holz benötigt mindestens zwei Jahre für die Trocknung. Bei Holz wie Buche, Birke oder Erle kann es im ungespaltenen Zustand zum „Absticken“ (Verfaulen) kommen.
- Frisch gespaltenes Holz sollte nicht im Keller oder in geschlossenen Räumen gelagert werden. Ebenso sollte das vollständige Einpacken des Holzes in Kunststofffolien vermieden werden, um Schimmelbildung zu verhindern.



- Sonnige und windige Standorte sind optimal für die Lagerung. Ein Mindestabstand von 20 bis 40 cm zum Boden sollte eingehalten werden (Rundholzunterlagen für Scheitholz).
- Nach der sommerlichen Trocknungsphase sollte das Brennholz umgehend vor Regen geschützt werden (Überdachung, Brennholzplanen, Abdeckplatten).

Hackgut



Der Begriff Hackgut oder Hackschnitzel beschreibt maschinell zerkleinertes Energieholz, das zu kleinen Holzstücken von wenigen Zentimetern verarbeitet wird. Zur Erzeugung von Hackgut werden vor allem minderwertige Holzsortimente mit geringer Qualität und schwachen Durchmessern genutzt. Zusätzlich wird für größere Anlagen auch Ast- und Kronenmaterial zu Energiehackgut verarbeitet. Hackgut, das als Nebenprodukt in der Holzverarbeitenden Industrie anfällt, wird als Industriebhackgut bezeichnet. Hackgut wird in vollautomatischen Anlagen verbrannt und bietet ähnlichen Komfort wie eine Öl- oder Gasheizung.

Ein Nachteil von Hackgut ist jedoch die geringere Energiedichte im Vergleich zu anderen Brennstoffen. Für die Lagerung von lose geschüttetem Hackgut wird doppelt so viel Platz wie für Scheitholz benötigt. Hackgutheizungen werden typischerweise ab einer Heizleistung von 30 kW eingesetzt. Typische Einsatzgebiete für Hackgutanlagen sind landwirtschaftliche und holzverarbeitende Betriebe, Gewerbebetriebe, Mehrfamilienhäuser, öffentliche Gebäude sowie Nahwärmanlagen.

Hackgutkauf

Der Kauf von Hackgut erfolgt meist in loser Schüttung. Der Wassergehalt für lagerfähiges Hackgut sollte unter 30 % liegen. Künstlich getrocknetes Hackgut (8–12 %) wird vorwiegend in Holzverstromungsanlagen (Holzgas-BHKWs) eingesetzt. Die gängigen Wärmeerzeugungsanlagen sind auf einen Wassergehalt von 20 bis 30 % ausgelegt. Ein Schüttraummeter Hackgut wiegt abhängig von Holzart, Korngröße und Wassergehalt zwischen 200 und 450 Kilogramm. Die Lieferung von



Heizöl	Hackgut
 1.000 l	 10–15 srm

1.000 Liter Heizöl entsprechen rund 10 bis 15 srm Hackgut.

Hackgut erfolgt oft dezentral mittels Abschiebewagen oder Abkippscontainern. In einigen Regionen wird Hackgut ähnlich wie Pellets mit Tankwagen geliefert und in den Lagerraum eingeblasen. Die Verrechnung kann in unterschiedlicher Form erfolgen, gängig sind Übernahmen und Verrechnungen nach Schüttraummetern, Atro-Tonnen oder dem Energiegehalt. Bei der Atro-Tonnen-Übernahme ist die Bestimmung von Gewicht (Masse) und Wassergehalt erforderlich. Wenn das Gewicht für die Abrechnung verwendet wird, erfordert dies geeichte Waagen sowie genormte Verfahren zur Wassergehaltsbestimmung (Darrschrank). Im Bereich der Nahwärme wird teilweise auch anhand des Energiegehalts abgerechnet, der durch geeichte Wärmezähler nach dem Kessel ermittelt wird.

Qualitätsanforderungen

Um einen reibungslosen Betrieb sicherzustellen, darf in kleinen und mittleren Biomassefeuerungsanlagen ausschließlich trockenes, hochwertiges Hackgut verbrannt werden. Fauls, verschmutztes und verrottetes Holz sowie Abbruchholz oder Strauchwerk mit dünnen Ästen sind nicht geeignet, um hochwertiges Hackgut herzustellen. Diese Rohstoffe wer-

den in der Regel zu minderwertigem Hackgut verarbeitet und in großen Heizwerken verwendet. Für die genaue Spezifikation des Brennmaterials spielen Kriterien wie Größenklasse und Wassergehalt eine Rolle. Bei Unsicherheiten können die entsprechenden Normen (ÖNORM EN ISO 17225-4 – Klassifizierung von Holzbrennstoffen sowie ÖNORM C 4005 – Holzhackgut und Schredderholz für die energetische Verwertung in Feuerungsanlagen > 500 kW) herangezogen werden.

Der Wassergehalt

Der Wassergehalt ist das zentrale Qualitätsmerkmal, da er den energetischen Wert und die Lagerfähigkeit des Brennstoffs beeinflusst. Frisch geschlagenes Hackgut hat oft einen Wassergehalt von mehr als 50 % und ist nicht für eine längere Lagerung oder energetische Verwertung in kleinen und mittleren Hackgutanlagen geeignet. Die Grenze des Wassergehalts für lagerfähiges Hackgut liegt bei etwa 30 bis 35 %.

Wassergehalt von Hackgutsortimenten

Holzhackgut	Wassergehalt (M)
lufttrockenes Holzhackgut (M20)	M < 20 %
lagerbeständiges Holzhackgut (M30)	20 % < M < 30 %
beschränkt lagerbeständiges Holzhackgut (M35)	30 % < M < 35 %
feuchtes Holzhackgut (M40)	35 % < M < 40 %
erntefrisches Holzhackgut (M50)	40 % < M < 50 %
erntefrisches nasses Holzhackgut (M55+)	M > 55 %

Heizwerte und Wassergehalt in Abhängigkeit von Baumart und Wassergehalt

Gewicht und Heizwert in Abhängigkeit von Volumen und Wassergehalt

Wassergehalt in %	Raumgewicht in kg/srm				
	Nadelholz gemischt	Laubholz gemischt	Fichte	Buche	Erle
20 %	200	277	184	287	217
30 %	225	309	207	319	243
40 %	262	361	241	372	284
50 %	314	433	290	447	341
	Heizwert in kWh/srm				
20 %	817	1.071	752	1.109	839
30 %	784	1.020	722	1.052	802
40 %	758	985	699	1.015	774
50 %	723	936	666	965	736

1 Liter Heizöl hat einen Heizwert von 10 kWh. 1 srm Fichtenhackschnitzel (Wassergehalt 30 %) hat den Heizwert von 72 Litern Heizöl, die Buche liegt mit 105 Litern deutlich höher.

Hackgut richtig aufbereiten und lagern

Wenn Hackgut in kleinen und mittleren Anlagen verbrannt werden soll, ist ein Wassergehalt von weniger als 30 % erforderlich. Für die Lagerung von Hackgut sind folgende Punkte zu beachten:

- Rundholz sollte vor dem Zerkleinern mindestens einen Sommer lang vorgelagert werden. Bei Nadelholz kann der Wassergehalt bei entsprechender luftiger und sonriger Lagerung bereits unter 30 % gesenkt werden (natürliche Vortrocknung).
- Hackgut für kleinere Anlagen sollte niemals auf unbefestigtem Boden gelagert werden, da dies zu starker Verschmutzung führen kann. Das wiederum erhöht die Aschebildung und reduziert den Heizwert. Zudem kann es zu Betriebsstörungen kommen.
- Bei der Errichtung von Hackgutlagern sollte darauf geachtet werden, dass ein direktes Einbringen mit Großhackern möglich ist.
- Bei der Lagerung von feuchtem Hackgut sollte die Schütthöhe von 30 bis 40 cm nicht überschritten werden. Zusätzlich ist eine regelmäßige Umschichtung erforderlich. Bis zu dieser Schütthöhe ist eine natürliche Trocknung noch möglich, sofern der Untergrund entsprechend befestigt gestaltet ist.
- In regenreichen Sommermonaten empfiehlt sich die Abdeckung des Hackguts, am besten mit Kompostfolie aus nachwachsenden Rohstoffen. Diese kann später mitverhackt werden.
- Die Einlagerung von Hackgut mit hohem Grünanteil sollte vermieden werden, da dies zu Schimmelbildung und Pilzbefall führen kann. Außerdem verringert sich der Heizwert rapide.
- Die Lagerung von Hackgut sollte in gut belüfteten Räumen erfolgen, die jedoch nicht den Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Räume in Holzbauweise eignen sich besonders gut, da sie eine nachträgliche Belüftung ermöglichen und Feuchtigkeit nach außen abgeben können.
- Kellerräume oder Betonbauwerke eignen sich nur in Ausnahmefällen für die Lagerung von Hackgut.

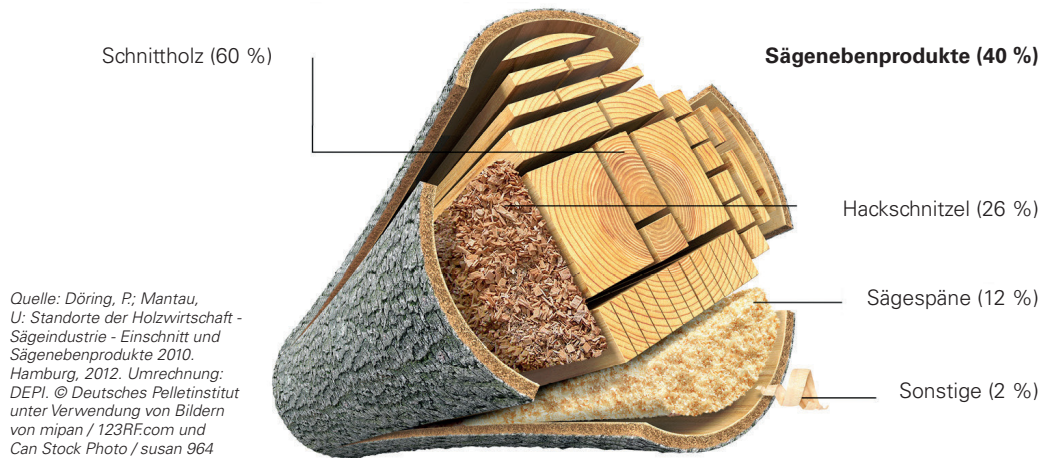
Sägenebenprodukte

Sägenebenprodukte entstehen während des Einschnitts von Rundholz. Je nach eingesetzter Einschnitttechnik variiert die Ausbeute von Sägeware zwischen 55 und 70 %. Der verbleibende Teil, als Sägenebenprodukte (SNP) bezeichnet, setzt sich aus Kappholz, Spreißel oder Schwarten, Rinde und Sägespänen zusammen.

In den meisten Sägewerken werden die anfallenden Sägenebenprodukte im Laufe der Produktion maschinell zerkleinert und für weitere Verarbeitungsschritte aufbereitet. Die gewonnene Rinde findet oft Anwendung in der Sägeindustrie, vor allem für die Holztrocknung und in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Holzeinschnitt im Sägewerk

100 % Nadelholz (ohne Rinde) ergeben:



Etwa drei Viertel der anfallenden Sägenebenprodukte werden in der Holzindustrie weiterverarbeitet, während ein kleinerer Anteil energetisch genutzt wird.

Brennstoffkauf, richtige Lagerung und Schüttdichten

Für Kleinanlagen sind Sägenebenprodukte, insbesondere Industriehackgut, aufgrund ihres hohen Wassergehalts und der größeren Körnung nicht geeignet. Ebenso sind Säge- und Hobelspäne im Bereich von Kleinanlagen nicht zu empfehlen. Insbesondere der hohe Feinanteil kann häufig zu Betriebsstörungen führen. Zudem benötigen Sägespäne oft eine künstliche Trocknung. Eine natürliche Trocknung ist lediglich bei sehr geringen Schütthöhen auf befestigtem Untergrund und mehrfachem Umschichten möglich.

In kleineren Sägewerken oder Wandersägen werden Spreißel und Schwarten häufig gebündelt und zwischengelagert. Gebündeltes Sägerestholz ist leicht zu transportieren und kann gut vorgelagert werden. Bei richtiger

Lagerung, beispielsweise durch Schichten im Kreuzstoß, lässt sich nach einer Vorlagerung über einen Sommer ein Wassergehalt von unter 30 % erreichen. Dies ermöglicht die relativ einfache Herstellung von qualitativ hochwertigem Hackgut, das auch für Kleinanlagen geeignet ist. Bei der Zerkleinerung ist jedoch darauf zu achten, vor dem Hacken die Bänder (meist aus Metall) von den Bündeln zu entfernen, um Störungen beim Zerkleinern und späteren Betrieb der Anlage zu vermeiden.



Die Maßeinheit und Abrechnung erfolgt in den meisten Fällen (insbesondere bei Spreißeln und Schwarten) über das Raummaß. Um einen entsprechenden Preisvergleich

durchzuführen, können die angegebenen Richtwerte auf Festmeter Rundholz umgerechnet werden.

Schüttdichten von Sägenebenprodukten

1 rm Spreißel, Schwarten gebündelt	entspricht	0,65 fm
1 srm Industriehackgut		0,33 fm
1 srm Sägespäne		0,33 fm
1 srm Hobelspäne		0,20 fm
1 srm Rinde (unzerkleinert)		0,30 fm

Pellets und Briketts

Holzpellets sind kleine zylindrische Presslinge aus natürlichem, getrocknetem Holz. Diese werden in Pelletswerken hergestellt, häufig in Zusammenarbeit mit der Sägeindustrie, die Sägenebenprodukte wie Sägespäne und Hobelspäne beisteuert. Die Produktion erfolgt unter hohem Druck, wobei keine chemischen Bindemittel verwendet werden. Üblicherweise wird eine geringe Menge Stärke, meist Maisstärke, hinzugefügt, um die Festigkeit zu erhöhen. Inzwischen werden auch Pellets aus agrarischen Reststoffen in kleineren Mengen hergestellt. Holzpellets finden hauptsächlich Verwendung in vollautomatischen Heizanlagen.



Holzbricketts werden ebenfalls als Nebenprodukt der Holzverarbeitenden Industrie, aber auch in Tischlereien produziert. Sie werden vorwiegend in Kaminöfen eingesetzt. Der Vorteil von Briketts gegenüber Scheitholz liegt



im langsameren Abbrand und der Möglichkeit zur längeren Gluterhaltung, besonders während der Nachtstunden. Durch die kompakte Größe lassen sich Briketts komfortabel und platzsparend lagern.

Brennstoffkauf und Qualitätsanforderung

Holzpellets werden üblicherweise mit einem Durchmesser von 6 mm und einer Länge von 1 bis 4 cm angeboten. Ein Kilogramm Pellets entspricht etwa 0,5 Litern Heizöl extraleicht oder ungefähr 5 kWh Energiegehalt. Holzpellets für industrielle Anlagen können abweichende Durchmesser und eine geringere Festigkeit aufweisen. Für einen störungsfreien Betrieb empfiehlt sich der Kauf genormter und zertifizierter Holzpellets. Das ENPlus-Qualitätssiegel gewährleistet hochwertigen Brennstoff gemäß den gängigen Normen. Pellets für den Privatgebrauch werden in loser Form (durch Tankwagen) oder in Sackware angeboten.



1 kg Pellets = 4,8 kWh
1 m³ Pellets = 650 kg

Briketts können aus verschiedenen Holzarten (Hart- und Weichholz) hergestellt werden. Je nach Verarbeitung und Ausgangsmaterial (Rinde, Hartholz, Weichholz, agrarische Reststoffe) kann die Qualität (Festigkeit, Heizwert) variieren. Briketts, die den Vorgaben der ÖNORM C 4006 entsprechen, garantieren höchste Qualität. Der Heizwert von Briketts kann

aufgrund des verwendeten Rohmaterials variieren und liegt im Handel zwischen 4,5 und 5,3 kWh/kg. Briketts werden fast ausschließlich in verpacktem Zustand, üblicherweise in 10-kg-Einheiten oder auf Paletten, angeboten.

Richtige Lagerung

Pellets und Briketts erfordern eine vollständig trockene Lagerung, um ihre Qualität zu erhalten. Feuchte Kellerräume sind für die Brennstofflagerung ungeeignet, da die Feuchtigkeit ein Aufquellen von Pellets oder Briketts verursacht. Dies führt nicht nur zu einem verringerten Heizwert, sondern kann durch Druck auch zu Beschädigungen an Lagerraumwänden führen.

- Pellets werden normalerweise mit einem Tankwagen geliefert und in den Lagerraum eingeblasen. Um Überdruck im Lagerraum zu verhindern, wird zuerst ein Unterdruck erzeugt, indem die Luft abgesaugt wird. Es ist wichtig, Einblas- und Absaugöffnungen richtig zu dimensionieren.
- Einblasrohre sollten möglichst gerade verlegt werden, um mechanischen Abrieb und somit einen erhöhten Feinanteil zu vermeiden.
- Es empfiehlt sich, eine Prallmatte gegenüber der Einblasöffnung anzubringen, um sowohl das Mauerwerk zu schützen als auch die Qualität des Brennstoffs zu erhalten.

Holzfeuerungsanlagen

Hackgutheizung

Hackgutheizungen zählen zu den automatischen Holzheizungen und bieten hohen Komfort. Sie sind in einem Leistungsbereich von 20 kW bis weit in den Megawattbereich erhältlich. Die Anlagen verfügen über vollautomatische Zündung, Wärmetauscherreinigung, Entaschung und effiziente Verbrennungsregelung bis in den Teillastbereich. Ein ausreichendes Platzangebot für die Lagerung der Hackschnitzel und eine geeignete Zufahrt zum Befüllen des Bunkers oder Lagerraums sind erforderlich.

Errichtet werden Hackgutheizungen oft in einem eigenen Heizhaus oder einem Nebengebäude. Die Installation im Wohnhaus ist meist nicht zu empfehlen. Es gibt verschiedene Bauarten und Verbrennungsprinzipien von Hackgutfeuerungen, deren Auswahl von der Anlagengröße und den Eigenschaften des Brennstoffs (Hackgut, Rinde, Stückgröße, Wassergehalt usw.) abhängt. Mittlerweile sind auch Hackgut-Brennwertkessel erhältlich, die die Kondensationswärme des Wasserdampfs im Verbrennungsgas nutzen, um hohe Wirkungsgrade zu erzielen. Die Kondensationstechnik ist jedoch nur bei niedrigen Rücklauftemperaturen sinnvoll. Im Kleinanlagenbereich ist eine konstante Brennstoffqualität wichtig.

Funktionsweise

Die Hackschnitzel werden aus einem nahegelegenen Lagerraum über eine Austragungsschnecke und eine rückbrandsichere Einrichtung (Zellradschleuse oder selbstschließende Klappe) in die Brennkammer transportiert. Die Verbrennung erfolgt durch separate Primär- und Sekundärluftzufuhr. Dank präzise steuerbarer Brennstoff- und Verbrennungsluftmengen kann der Kesselbetrieb dem Wärmebedarf bis in den Teillastbereich (bis 30 % der Nennleistung) angepasst werden, bei gleichzeitig hoher Effizienz und geringen Emissionen.

Eine Kombination mit einem Pufferspeicher ist bei Hackgutkesseln nicht zwingend erforderlich. Die Verwendung eines Speichers reduziert jedoch An- und Abschaltphasen und verbessert den Jahresnutzungsgrad bei geringerem Brennstoffverbrauch und geringeren Emissionen. Gleichzeitig wird der Verschleiß der Heizungskomponenten vermindert. Üblicherweise werden 30 bis 50 Liter Puffervolumen pro kW Kesselleistung empfohlen.

Praktische Hinweise

- Eine praktikable Zufahrt und Vorrichtung zur Einbringung des Hackguts in den Lagerraum ist wichtig. Eine Anlage im Wirtschaftsgebäude mit Nahwärmeleitung zum Wohnhaus kann vorteilhaft sein, da Lärm- und Staubbelastungen minimiert werden.
- Die Warmwasserbereitung im Sommer ist durch automatische Zündung, einen Pufferspeicher oder einen großen Boiler (mindestens 500 l) möglich. Die Kombination mit alternativen Warmwasserbereitungssystemen wie Solarthermie kann die Lebensdauer des Kessels erhöhen.
- Etwa 99 % der Störungen entstehen durch nicht normgerechtes Hackgut oder Fremdkörper darin. Die Qualitätskriterien des Hackguts, die vom Hersteller angegeben werden, sind zu beachten.
- Hackgutfeuerungen können in der Regel auch Holzpellets verbrennen, jedoch nicht umgekehrt.

Austragungssysteme

Je nach Platz und Budget können verschiedene Lageraustragungssysteme gewählt werden. **Rührwerkaustragungen** eignen sich gut für quadratische oder kreisförmige Lager-

räume (z. B. Silos). **Federarmrührwerke** für Durchmesser von 1,5 bis 5 m und Schütthöhen bis 5 m sind am häufigsten. Für größere Maße sind **Knick- oder Gelenkarmaustragungen** geeignet. Die Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten.

Ein **Hackgut-Saugsystem** eignet sich für Anlagen, bei denen der Lagerraum nicht in unmittelbarer Nähe zum Heizraum ist. Es ermöglicht den Transport bis zu 25 Meter Länge und sieben Meter Höhe, sogar aus einem Nebengebäude. Das Hackgut wird mehrmals täglich in einen Vorratsbehälter beim Kessel gesaugt. Dies bietet den Vorteil, dass der bestehende Heizraum genutzt werden kann. Zusätzlich bleiben die Umbaukosten im Hackgutlager begrenzt und die Anlage läuft leise.

Hydraulische Schubstangenaustragungen eignen sich für längliche Lagerräume und arbeiten nahezu störungsfrei. Sie werden aufgrund der höheren Anschaffungskosten hauptsächlich in größeren Anlagen eingesetzt.

Einbaubeispiele aus der Praxis

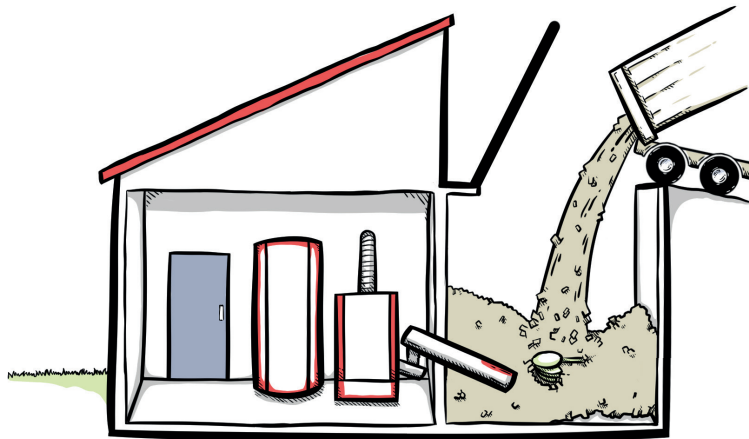


Hackgutbedarf

Der Jahresbedarf an Hackgut kann aus der Gebäudeheizlast überschlagsmäßig abgeschätzt werden:



Gebäudeheizlast in kW x 2 bis 2,5 = srm Hackgut (P16, M30) pro Jahr



Heizhaus im Hang:
Die Lagerräumbefüllung erfolgt
mittels Kipper von oben.

Heizhaus ebenerdig:
Die Lagerräumbefüllung erfolgt
direkt vom Hacker bzw. vom
Traktor mit Frontlader.



Pelletsheizung

Pelletsheizungen sind vollautomatische Heizsysteme und bieten ähnlichen Komfort wie konventionelle Öl- oder Gasheizungen. Lediglich die Aschenlade bedarf einer Entleerung, und das auch nur wenige Male pro Jahr. Dank ihrer kompakten Bauweise und des hohen Energiegehalts der Pellets beanspruchen Pelletsheizungen weniger Raum als andere Holzheizsysteme. Sie bieten sich besonders für kleine Leistungsbereiche an und sind insbesondere für Niedrigenergiehäuser mit geringem Wärmebedarf ideal.

Generell wird unterschieden zwischen:

- Pelletskaminöfen und
- Pellets-Zentralheizungen

Pelletskaminöfen

Pelletskaminöfen, auch als Einzelöfen bekannt, sind Heizelemente für den Wohnbereich. Ihre Hauptfunktion ist die Beheizung

einzelner Räume, sie können aber auch kleinere Gebäude mit geringem Energieverbrauch beheizen. Pelletskaminöfen werden mit oder ohne Wasserwärmetauscher (Wassertasche) angeboten.

Modelle ohne Wassertasche erwärmen den Raum über Konvektion und Strahlung. Die erzeugte Wärme wird vollständig in den

Raum abgegeben und eignet sich somit nur zur Beheizung einzelner Räume. Pelletskaminöfen mit Wassertasche sind mit einem Zentralheizungssystem verbunden und können neben dem Aufstellraum weitere Räume mit Wärme versorgen. Der Großteil der Wärme (etwa 80 %) wird dabei an das Heizungswasser abgegeben und über Radiatoren oder Fußbodenheizung in andere Räume verteilt.

Raumluftunabhängigkeit

Die Feuerung erfordert immer Frischluftzufuhr. Normalerweise wird die Verbrennungsluft für den Kaminofen aus dem Raum entnommen. Unter folgenden Umständen sollte jedoch externe Verbrennungsluft verwendet werden, um eine raumluftunabhängige Verbrennung zu gewährleisten:

- Bei einer besonders dichten Gebäudehülle, also vor allem bei modernen, energiesparenden Gebäuden
- Bei gleichzeitigem Betrieb von Dunstabzugshaube und Kaminofen
- Bei kontrollierter Wohnraumlüftung

Pellets-Zentralheizungen

Pellets-Zentralheizungen werden im Heiz- oder Aufstellungsraum eines Gebäudes installiert und dienen zur Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung. Neuere Modelle sind oft Brennwertkessel, die die Kondensationswärme des Abgases nutzen, um hohe Wirkungsgrade zu erreichen.

Funktionsweise

Pellets gelangen aus einem Lagerraum oder Behälter (Gewebesacksilo, Kunststoff- oder Stahltank, Erdtank) automatisch zum Kessel. Dies kann mit einem pneumatischen Fördersystem oder einer Förderschnecke erfolgen.

Pelletskessel mit einem Wochen-Vorratsbehälter werden manuell befüllt.

Dank modernster Steuer- und Regeltechnik sowie exakt dosierbarer Brennstoffzufuhr können Pelletskessel in einem breiten Teillastbereich (bis zu 20 % der Nennleistung) betrieben werden. Ein Pufferspeicher verringert die Ein- und Ausschaltzyklen des Kessels und sorgt somit für einen effizienten Heizbetrieb mit geringen Emissionen. Besonders bei Gebäuden mit niedrigem Wärmebedarf (Niedrig- und Niedrigstenergiehäusern) ist ein Pufferspeicher ratsam, da hier auch an kalten Wintertagen ein geringer Leistungsbedarf besteht.

Austragungsmöglichkeiten

Pelletskessel mit Schneckenaustragung aus dem Lagerraum oder Vorratsbehälter

Pellets gelangen direkt über eine Austragungsschnecke zum Kessel. Diese Lösung ist nur geeignet, wenn der Lagerraum direkt an den Heiz- oder Aufstellungsraum grenzt oder der Behälter (z. B. Lagerraum, Gewebetank) nahe am Kessel platziert ist (bis 15 m³ Pellets).

Pelletskessel mit pneumatischer Austragung (Vakuumsaugsystem)

Mit diesem System können Pellets bis zu 30 Meter transportiert werden. Der Lagerraum muss nicht direkt am Heiz- oder Aufstellungsraum anliegen und kann sich sogar außerhalb des Wohnhauses in einem Nebengebäude befinden. Die Pellets werden ein- bis zweimal täglich mittels Vakuumsauganlage in einen Zwischenbehälter im Kessel befördert und von dort der Feuerung zugeführt. Das System ist nur wenige Minuten täglich aktiv.

Die Schnecken-Saugkombination eignet sich besonders für größere oder längliche Lagerräume. Der Transport der Pellets erfolgt mithilfe einer Transportschnecke aus dem Lagerraum in das Saugsystem.

Für quadratische oder anders geschnittene Lagerräume werden hingegen oft **Sondenlösungen** angeboten. Es wird empfohlen, eine Absaugsonde pro Quadratmeter Lagerfläche einzuplanen.

Selbst bei der Verwendung eines Gewebetanks ist es möglich, die Pellets mittels eines Vakuumsaugsystems vom Tank zum Pelletsessel zu befördern. Entfernungen von bis zu 30 Metern können dabei überbrückt werden.

Pelletsessel mit Wochen-Vorratsbehälter

Ein Vorratsbehälter versorgt ein Einfamilienhaus für ein bis mehrere Wochen im vollautomatischen Betrieb. Die manuelle Befüllung entspricht jedoch nicht immer den Komfortansprüchen der Betreiber.

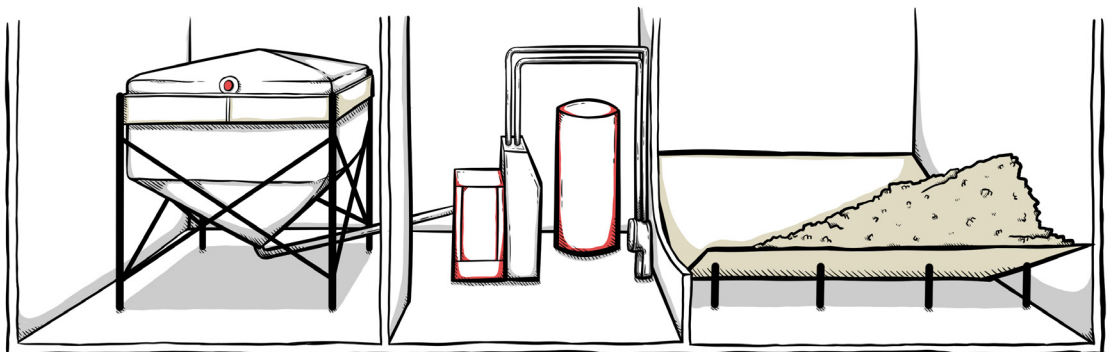
Pelletslagerung

Pellets werden normalerweise mit einem Tankwagen angeliefert und in den Lagerraum oder -behälter eingeblasen. Die Schlauchlänge

beträgt üblicherweise bis zu 30 Meter. Der Pelletsagerraum sollte daher nicht weiter als 30 Meter von der LKW-befahrbaren Zufahrt entfernt sein. Für längere Entfernungen ist vorab eine Rücksprache mit dem Lieferanten notwendig.

Anforderungen an Pelletsagerräume

- Der Lagerraum muss trocken, gut abgedichtet und brandschutzkonform sein. Die Umfassungswände müssen dem Druck der Pellets standhalten.
- Pellets sind hygroskopisch. Kontakt mit Wasser oder Feuchtigkeit führt zum Aufquellen und Zerfall der Pellets. Kondenswasserbildung muss daher verhindert werden. In feuchteren Räumen sind häufig Gewebetanks in Verwendung. Normale Luftfeuchtigkeit beeinträchtigt die Pellets nicht.
- Rechteckige und schmale Räume sind besser als Lagerräume mit Schrägboden geeignet. Ein Schrägboden mit einer Neigung von 35 bis 45 Grad sorgt für vollständige Entleerung. Eine glatte, abriebfeste Oberfläche (z. B. melaminharzbeschichteter Fußboden oder Hartfaserplatte) ist vorteilhaft.



- Keine Elektroinstallation, wie Lichtschalter, Steckdosen oder Leuchten, dürfen sich im Pelletslagerraum befinden. Pelletslageraum. Gegebenenfalls sind explosionsgeschützte Ausführungen entsprechend den geltenden ÖVE-Vorschriften zu installieren.
- Offene Wasserleitungen müssen in Lagerräumen vermieden werden, da das Schwitzen der Leitungen die Pellets aufquellen lässt.

Lagerraumgröße mit Raumschrägen

Lagerraumgröße in m³ (inkl. Leerraum) = 0,9 m³ x Gebäudeheizlast in kW

Lagerraumgröße mit Saugsonden

Lagerraumgröße in m³ = 0,75 m³ x Gebäudeheizlast in kW

Idealerweise sollte der Pelletslagerraum das 1,5-Fache des jährlichen Bedarfs aufnehmen können. Oftmals werden ehemalige Heizöltankräume zu Pelletslagerräumen umfunktioniert.

Ein Beispiel verdeutlicht dies: Angenommen, die Gebäudeheizlast beträgt 15 kW.

Berechnung der Lagerraumgröße unter Berücksichtigung von Raumschrägen:

$0,9 \times 15 = 13,5$ m³ Lagerraumgröße. Das bedeutet, ein Lagerraum mit den Maßen 2 x 3 x 2,3 Meter reicht für den Pelletsjahresbedarf aus.

Berechnung der Lagerraumgröße ohne Raumschrägen:

$0,75 \times 15 = 11,3$ m³ Lagerraumgröße.

In diesem Fall wäre ein Lagerraum mit den Abmessungen 2 x 2,5 x 2,3 Meter ausreichend für den Pelletsjahresbedarf.

Brennstoffbedarf pro Heizsaison

Eine Faustzahl für den jährlichen Pelletsbedarf lautet:

Brennstoffbedarf in kg = 400 kg x Gebäudeheizlast in kW

Angenommen, die Gebäudeheizlast beträgt 15 kW:

$400 \text{ kg} \times 15 \text{ kW} = 6.000 \text{ kg}$ Brennstoffbedarf pro Jahr ($6.000 \text{ kg} / 650 \text{ kg/m}^3 = 9,3 \text{ m}^3$)

Scheitholzheizung

Scheitholzkessel stellen eine unkomplizierte Methode der Holzverbrennung dar. Mit ihrer einfachen Handhabung bieten sie eine effiziente Möglichkeit zur Beheizung von Gebäuden. Zur schadstoffarmen und effektiven Verbrennung von Scheitholz sind ausschließlich gebläseunterstützte Kessel geeignet. Naturzugkessel, die nach wie vor in Gebrauch sind, weisen hingegen niedrige Wirkungsgrade und hohe Emissionen auf.

Moderne Scheitholz-Gebläsekessel zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- Eine klare Trennung zwischen Primär- und Sekundärverbrennung, was zu einer Emissionsverminderung und einem Wirkungsgrad von mehr als 90 % führt
- Ausgedehnte Durchheizzeiten (bis zu 8 Stunden bei Volllast und bis zu 20 Stunden bei Teillast) dank großzügiger Füllräume. Die Kessel sind meist für 50 cm langes Scheitholz ausgelegt, aber Modelle mit größerer Leistung können auch Scheite von 100 cm Länge aufnehmen.
- Eine Leistungsanpassung von bis zu 50 % der Nennleistung mittels elektronischer Kesselregelung sorgt für gutes Teillastverhalten bei gleichbleibender Verbrennungsqualität.
- Kontrollierte Verbrennungsregelung mithilfe einer Lambdasonde
- Geringe Aschebildung (ungefähr 0,5 %) durch vollständigen Ausbrand
- Problemloses Anheizen bei variierenden Kaminzug- und Wetterbedingungen
- Neben Scheitholz besteht auch die Möglichkeit zur Verbrennung von Grobhackgut (> 6 cm).
- Option für manuelle oder automatische Wärmetauscherreinigung und Zündung

Funktionsweise:

Stückholz, typischerweise mit einer Länge von bis zu 50 cm, wird in den großzügigen Kesselraum eingelegt. Die thermische Zersetzung, auch als Primärverbrennung bekannt, findet im Bereich des Glutbetts statt. Schwelgase werden durch den von einem Saugzuggebläse erzeugten Unterdruck in die darunter oder seitlich liegende heiße Brennkammer gezogen, wo sie sich bei sehr hohen Temperaturen unter Zugabe von vorgewärmter Sekundärluft gut ausbrennen. Das Saugzuggebläse befindet sich vor dem Rauchrohranschluss und befördert die Rauchgase nach dem Wärmetausch in den Rauchfang.

Die Leistungsregelung des Holzvergaserkessels erfolgt anhand der Kesselwassertemperatur durch die Regelung der Primär- und Sekundärluftzufuhr, wobei eine Drosselung auf bis zu 50 % der Nennleistung möglich ist. Zur Sicherung einer optimalen Verbrennung mit minimalen Emissionen dient die Lambdasonde. Diese misst kontinuierlich den Restsauerstoffgehalt im Abgas. Die elektronische Regelung dosiert anhand dieses Werts permanent die benötigte Menge an Sekundärluft, die in den Verbrennungsprozess eingeführt wird. Dies gewährleistet eine optimale Verbrennung über die gesamte Abbrandzeit, unabhängig

von verschiedenen Brennstoffen (Baumart, Wassergehalt, Stückgröße).

Grenzen der Leistungsdrosselung

Ein Heizkessel wird anhand der Gebäudeheizlast für den kältesten Wintertag dimensioniert. Diese maximale Leistung wird jedoch meist nur an wenigen Heiztagen im Jahr benötigt. Ohne Pufferspeicher läuft der Kessel in der übrigen Zeit im Teillastbetrieb. Bei Scheitholzkesseln ist ein optimales Teillastverhalten von bis zu 50 % der Nennleistung erzielbar. Um eine Drosselung unter diesen Wert zu verhindern, ist ein Pufferspeicher für den Lastausgleich erforderlich. Dieser speichert überschüssige Wärme und gibt sie nach Bedarf wieder an das Heizungssystem ab, um Schwankungen zwischen Wärmeangebot und Wärmenachfrage auszugleichen.


Mehr zum Thema Pufferspeicher und deren Dimensionierung ist ab Seite 47 nachzulesen.

Kombination mit Solarenergie oder PV-Anlage zur Warmwasserbereitung

Die Kombination eines Scheitholzkessels mit einer Solaranlage oder einer PV-Anlage sorgt vor allem in der Übergangszeit und im Sommer für eine komfortable und kostengünstige Warmwasserbereitung. Diese Kombination verringert den extremen Schwachlastbetrieb des Kessels zu dieser Zeit und verlängert somit seine Lebensdauer. Bei einer thermischen Solaranlage für die reine Brauchwasserbereitung wird eine Kollektorfläche von etwa 1,5 bis 2 m² und ein Warmwasserspeichervolumen von 75 bis 100 l pro Person empfohlen. Für eine teilsolare Raumheizung werden zusätzlich pro 10 m² Wohnfläche 1 bis 2 m² Kollektorfläche und 100 l Puffervolumen pro m² Kollektorfläche benötigt.

Ist eine PV-Anlage vorhanden, kann mittels Heizstäben der überschüssige Solarstrom für die Erwärmung von Warmwasserspeichern genutzt werden.

Faustformel für den Scheitholzbedarf pro Jahr



! Heizlast in kW x 1,0 (Hartholz) bis 1,5 (Weichholz) = Raummeter Scheitholz
(z.B: Bauernhaus mit 20 kW Heizlast benötigt 20–30 rm Scheitholz pro Jahr)

Kombiheizungen

Kombikessel für Scheitholz und Pellets

Ein Scheitholz-Pellets-Kombikessel ist eine Anlage zur kombinierten Verwendung von Scheitholz und Pellets. Diese Kessel gewährleisten vollautomatischen Heizbetrieb, selbst wenn kein Nachlegen erfolgt, etwa während des Urlaubs oder bei Krankheit.

Die Kombikessel verfügen über zwei Brennräume, die auf den jeweiligen Brennstoff abgestimmt sind. Jedoch wird ein gemeinsamer Wärmetauscher genutzt. Von Vorteil sind der geringere Platzbedarf im Heizraum und die niedrigeren Investitionskosten. Manche Scheitholzkessel können nachträglich mit einem Pelletsmodul ausgestattet werden. Dafür wird üblicherweise ein seitlicher Flansch entfernt und das Pelletsmodul angebracht.

Wenn ausreichend Platz vorhanden ist, werden oft zwei getrennte Kessel für Scheitholz und Pellets miteinander kombiniert.

Der Scheitholzkessel in diesen Kombiheizungen verfügt zudem über die praktische Funktion einer automatischen Zündung. Das ermöglicht einen bequemen und zuverlässigen Heizbetrieb und einen kontinuierlichen Wärmekomfort ohne ständige manuelle Eingriffe.

Merkmale:

- Hohe Wirkungsgrade und gute Emissionswerte sowohl für Scheitholz als auch Pellets

- Komfort durch automatische Umschaltung auf Pelletsbetrieb, wenn Scheitholz abgebrannt oder nicht rechtzeitig nachgelegt wird bzw. der Pufferspeicher keine Wärme mehr liefert
- Hohe Preisstabilität, da die Nutzung von zwei unterschiedlichen Energieträgern möglich ist

Bei Scheitholz-Pellets-Kombikesseln ist unbedingt ein Lastausgleichs- bzw. Pufferspeicher erforderlich.

Hybridsysteme: Kombination Scheitholz oder Pellets mit Wärmepumpe

Die Kombination von Scheitholz- oder Pellets-kesseln mit einer Luftwärmepumpe erlaubt Flexibilität bei der Wärmeerzeugung. Bei Kälte erfolgt vorwiegend die Nutzung von Scheitholz oder Pellets, während bei milder Witterung und geringen Vorlauftemperaturen auf Luftwärmepumpe umgeschaltet wird.

Die Verwendung von Eigenstrom aus PV-Anlagen reduziert den Stromverbrauch der Wärmepumpe, besonders in der Übergangszeit. Im Winter, wenn die PV-Anlage nur wenig Strom liefert, kann eigenes Holz verwendet und somit die Autarkie erhöht werden.

Feinstaub und Staubabscheider

Heizen mit Holz ist eine saubere Sache. Dennoch stehen Holzheizungen immer wieder wegen ihrer Feinstaubemissionen in der Kritik. Dabei sind Kleinf Feuerungen nur für rund 25 % der Feinstaubemissionen in Österreich verantwortlich. Zudem sind die Feinstaubemissionen von Holzheizungen in den letzten 20 Jahren um 25 % zurückgegangen, trotz einer immer weiter zunehmenden Anzahl an Holzheizern. Innerhalb der Kleinf Feuerungen verursachen die sogenannten Allesbrenner, eine veraltete Form von Scheitholzkesseln, mit einem Anteil von zwei Dritteln die meisten Emissionen. Im Gegensatz dazu liegt der Anteil moderner Biomassekessel an den Feinstaubemissionen bei nur 3,6 %. Der Tausch alter Heizanlagen gegen moderne Holzheizungen führt zu einer erheblichen Reduktion von Luftschadstoffen um bis zu 95 %.

Staubabscheider

Moderne Holz-Zentralheizungen verursachen geringste Feinstaubemissionen und halten die diesbezüglich in Österreich geltenden Vorgaben ein. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Feinstaubemissionen durch zusätzliche Partikelfilter weiter zu senken. Für die Minderung von Staub in den Rauchgasen von Biomasseanlagen kommen verschiedene Technologien in Frage. Bei kleinen bis mittleren Biomasseanlagen kommen vorwiegend elektrostatisch wirkende Staubabscheider zum Einsatz.

Diese Elektrofilter reduzieren die ohnehin schon niedrigen Staubemissionen in der Regel um weitere 80 Prozent. Im Staubabscheider werden die Partikel elektrostatisch aufgeladen, wodurch sie sich an den Wänden ablagern. Es empfiehlt sich, einen Staubabscheider mit einer automatischen Abreinigung zu wählen, da dies den Komfort erhöht. Es gibt jedoch auch Elektrofilter, bei denen die Staubablagerungen manuell gereinigt werden müssen. Die elektrostatischen Staubabscheider überzeugen durch geringe Druckverluste

im Rauchgasweg sowie geringe Betriebs- und Energiekosten. Moderne Staubabscheider benötigen im Betrieb nur wenige Watt elektrische Leistung.

Generell wird zwischen anlageninternen und nachgeschalteten Filtern unterschieden. Bei einigen Kesseltypen gibt es bereits anlagenintern Platz für einen Elektrofilter, der optional auch später nachgerüstet werden kann. Nachgeschaltete Filter können ebenfalls nachgerüstet werden. Unterschieden wird hier zwischen dem Direktanbaufilter, der an den jeweiligen Kesseltyp angepasst ist, und zwischen dem sogenannten Stand-alone-Filter, der unabhängig vom Biomassekessel in den Rauchgasstrom eingesetzt wird.

Bei größeren Biomasseanlagen wird ein Multizyklon als effektive und kostengünstige Variante der Staubabscheidung eingesetzt. Dabei bewirkt die Zentrifugalkraft eine Trennung der Partikel. Die schweren Partikel, wie Asche und Staub, werden gegen die Innenwand des Multizyklons gedrückt und vom Rauchgas abgeschieden.

Kachel- und Kaminöfen

Neben der üblichen Heizungsanlage legen auch immer mehr Eigenheimbesitzer Wert auf einen zusätzlichen Ofen. Einerseits um die gemütliche Atmosphäre beim Knistern des Feuers zu genießen, andererseits sind Öfen unabhängig von Fremdenergie und eignen sich daher als Notheizung. Die von Kachel- und Kaminöfen abgegebene Strahlungswärme bietet gegenüber der Strömungswärme viele Vorteile: angenehmes Wärmegefühl, weniger Staubaufwirbelung, höhere Luftfeuchtigkeit. Die Öfen sind zudem ein Schmuckstück in jeder Wohnung.

Der Kachelofen

Der klassische Kachelofen ist ein Speicherofen, der den Großteil der gespeicherten Wärme als Strahlungswärme abgibt. Er besteht aus einem Sockel, dem gemauerten Feuerraum aus hochwertiger Schamotte (gebranntem Ton), den mit Schamotte verkleideten Rauchzügen und dem Kachelmantel.

Ein Kachelgrundofen muss nur einmal am Tag mit Brennstoff beschickt werden. Jedoch ist nach dem Anheizen etwas Geduld gefordert, bis die Wärme an den Raum abgegeben wird. Die anfallende Asche braucht in jeder Heizperiode nur wenige Male entfernt zu werden. Allerdings ist darauf zu achten, dass das Feuer stets auf einem Aschebett brennt und nicht direkt auf dem Schamotteboden.

Der Kaminofen

Der Kaminofen ist ein einfaches Zusatzheizgerät und eignet sich besonders gut für die Übergangszeit. Ein Sichtfenster gewährt den Blick auf das lodernde Feuer, vermittelt eine heimelige Atmosphäre und ein angenehmes Wohngefühl. Kaminöfen bestechen durch ihren geringen Platzbedarf und die einfache Montage.

Ein Kaminofen hat den großen Vorteil, dass er sich schnell aufheizt. Heimgekehrt nach einem langen Tag wird der Kaminofen entfacht, und

nach kurzer Zeit kann bereits die Wärme genossen werden. Allerdings bleibt die gespeicherte Wärme nicht so lange erhalten wie beim Kachelofen.

Einbindung in den Heizkreis

Mit Kachel- und Kaminöfen, die wasserführend arbeiten, kann die Zentralheizung unterstützt werden. Über einen Wärmetauscher wird die Wärmeenergie aus dem Ofen anderen Heizkörpern oder dem Pufferspeicher zur Verfügung gestellt. Es muss jedoch ein entsprechender Anschluss an den Heizkreis vorhanden sein. Ein wasserführendes System kann mit praktisch jedem beliebigen anderen Heizsystem zusammenarbeiten. Eine wasserführende Ausführung führt zu einem Verlust an direkter Wärmestrahlung in den Aufstellräumen und sollte gut durchdacht sein. Kachelöfen sind bei richtiger Dimensionierung durchaus in der Lage, kompakte Einfamilienhäuser mit geringer Heizlast vollständig mit Wärme zu versorgen.

Richtiges Heizen

Heizen mit Biomasse ist umweltfreundlich und emissionsarm. Grund dafür sind moderne Holzheizsysteme. Sowohl bei industriell hergestellten Öfen und Herden als auch bei individuell errichteten Kachelöfen hat die heimische Biomassebranche eine signifikante

Verbesserung der Verbrennungsqualität erreicht. Durch richtiges Anzünden und Heizen können die Emissionen auf ein Minimum gesenkt werden.

Bei Kachel- und Kaminöfen verringert das Anzünden von oben die Emissionen und Rauchentwicklung. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Sichtscheiben sauberer bleiben. Ebenso wird mit dieser Technik die Abbranddauer verlängert, wodurch mehr Wärme in den Wohnraum gelangt.

Anzünden von oben

Die Holzscheite werden mit einem kleinen Abstand nebeneinander auf den Feuerraumboden gelegt. Dabei sollten die Spaltkanten des Scheitholzes nach oben zeigen. Die An-

zündhölzer (kleine Scheite und Späne) werden kreuz und quer auf den Scheithölzern positioniert. Zwischen die Anzündhölzer wird die Anzündhilfe, beispielsweise in Wachs getränkte Holzwollestücke, gelegt. Nach dem Öffnen aller Luftzugänge kann nun die Anzündhilfe oben entzündet werden.

Richtiges Nachlegen

Richtig heizen bedeutet auch, Rauch beim Nachlegen zu vermeiden. Erst bei einem Glutstock, ohne sichtbare Flamme, sollte wieder nachgelegt werden. Zum Nachlegen wird die Glut gleichmäßig verteilt und eine Lage Scheitholz vollflächig aufgelegt. Wichtig ist dabei, den Brennraum nicht zu überfüllen. Das führt zu Ruß, verschmutzt den Ofen und vergeudet Energie.



Luftzufuhr öffnen



Befeuerungselement auf dem Scheitholz positionieren



Zündmittel entzünden

Nahwärmeversorgung mit Biomasse

Neben den üblichen Zentralheizungen und individuellen Feuerungen spielen Nah- und Fernwärmeversorgungsanlagen, die Biomasse und andere erneuerbare Energien zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser nutzen, eine zunehmend bedeutende Rolle auf dem Wärmemarkt.

Vorteile für Wärmekunden:

- Hoher Komfort
- Stabiler Wärmepreis
- Versorgungssicherheit
- Frei von Wartungsarbeiten
- Geringer Platzbedarf
- Regionale Energie und Wertschöpfung
- Klimaschutz

Biomasse-Nahwärmebetreiber sind verlässliche Partner im Bereich der Wärmeversorgung. Modernste Verbrennungstechnologien bei der Bereitstellung von Wärme aus Holz sorgen für höchste Wirkungsgrade. Die Wärmeverteilung erfolgt mit effizienten, gedämmten Wärmenetzen bei äußerst geringfügigen Verlusten. Die Kunden brauchen nur noch den Heizkörper aufzudrehen und können sorglos die wohlige Wärme aus regionaler Biomasse genießen. Biomassenahwärme ist eine umweltfreund-

liche und kostengünstige Option für die Wärmeversorgung.

Wärmelieferung

Die Basis für die Wärmeversorgung bildet der Wärmeliefervertrag. Dieser soll alle möglichen Eventualitäten zwischen Wärmeabnehmer und Wärmelieferanten klären. Neben vielen technischen Details und Eigentums-grenzen regeln die Verträge auch die Vertragslaufzeit und die Preise. Der Wärmeliefervertrag wird in der Regel für eine Dauer von 15 bis 20 Jahren abgeschlossen. Die lange Vertragslaufzeit ergibt sich aus den hohen Investitionskosten und der erforderlichen Betriebsdauer der Biomassenanlage. Die Wärmemenge wird mittels eines geeichten Wärmezählers ermittelt, der eine transparente und faire Verrechnung garantiert.

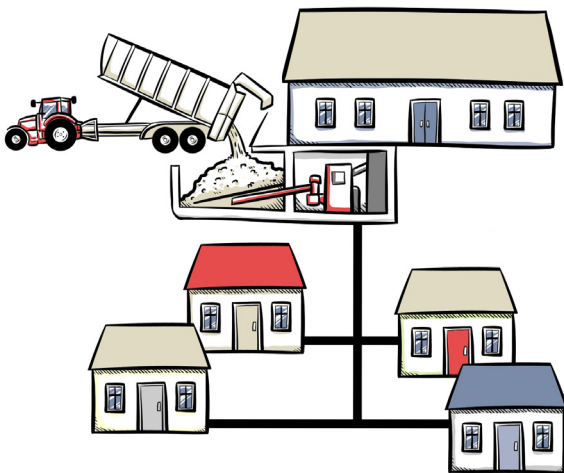
Zusammensetzung Wärmepreis

Preisbestandteil	Zweck	Inhalt
Grundpreis Euro pro kW und Jahr	Unabhängig vom Wärmeverbrauch, ermöglicht die Energielieferung (Abdeckung der Fixkosten)	Abschreibung, Wartung, Reparatur, Verwaltung, Versicherung
Arbeitspreis Euro pro MWh	Verbrauchsabhängige Energiebezugskosten	Brennstoff, Hilfsstoffe, Stromverbrauch
Messpreis Euro pro Monat und Zähler	Unabhängig von Verbrauch, Messung und Abrechnung der verbrauchten Energie	Zählerkosten, Abrechnung, Eichkosten
Anschlusspreis (einmalig)	Einmaliger Beitrag beim Anschluss von Wärmeabnehmern	Baukostenanteil, Wärmeübergabestation

Die jährliche Wärmepreisanpassung erfolgt unter Zuhilfenahme verschiedener Indizes, die im Wärmeliefervertrag festgeschrieben sind.

Der Landwirt als Energiewirt

Viele Landwirte (Kleinwaldbesitzer) haben sich in den letzten Jahren zu „Energiewirten“ weiterentwickelt. Mittels kleiner Nahwärmanlagen, über Mikronetze oder durch die Objektwärmeversorgung von beispielsweise Schulen oder Wohngebäuden steigern Betriebe ihre Wertschöpfung.



Die Grundlage zur Dimensionierung eines Nahwärmenetzes ist die Analyse der potenziellen Wärmekunden. Sind der zeitliche Verlauf des Wärmebedarfs und damit auch der Leistungsbedarf der einzelnen Wärmeabnehmer bekannt, kann darauf aufbauend das Leitungsnetz und in weiterer Folge die Kesselanlage konzipiert werden.

Wärme- und Leistungsbedarf

Die genaue Kenntnis der zu erwartenden Wärmeabnahme in Kilowattstunden ist eine wesentliche Grundlage für die technische und wirtschaftliche Planung des Nahwärmebetriebs. Zur Ermittlung des Wärmebedarfs werden, je nach vorgefundener Situation, unterschiedliche Methoden angewendet. Bei Neubauten wird die Energiekennzahl aus dem Energieausweis für weitere Berechnungen herangezogen. Bei bestehenden Gebäuden erfolgt die Berechnung des Jahreswärmebedarfs sinnvollerweise über den bisherigen Endenergiebedarf (z. B. Heizölverbrauch) unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrads des bisherigen Wärmeerzeugers. Der Leistungsbedarf der Wärmeübergabestation wird häufig über den Wärmebedarf errechnet. Dabei wird der Jahresheizwärmebedarf gemäß der Nutzung des Objekts durch eine geeignete Vollbetriebsstundenzahl dividiert. Eine genauere Methode zur Ermittlung des Leistungsbedarfs ist die Erstellung von Lastkennlinien aus Messungen. Gerade bei größeren Versorgern sorgt dies für Planungssicherheit. Bei Neubauten ist die Leistung gemäß den ÖNORM H 7500-1 zu berechnen.

Häufige Fehler bei der Analyse von Wärmekunden:

- Überschätzung des Energiebedarfs einzelner Abnehmer
- Nichtberücksichtigung von möglichen thermischen Sanierungen
- Nichtberücksichtigung von Zweitheizungen (z. B. Kachelofen)
- Nichtberücksichtigung von Nutzungsänderungen
- Nichtberücksichtigung der individuellen Heizgewohnheiten
- Überschätzung von künftigen Neuanschlüssen

Wärmenetz

Durch das Wärmenetz wird die Wärme vom Heizwerk zu den Abnehmern transportiert. Da die Errichtungskosten des erdverlegten Netzes einen bedeutenden Anteil an den Gesamtkosten ausmachen, müssen die Rohrleitungen über Jahrzehnte ohne große Änderungen genutzt werden können, um den wirtschaftlichen Betrieb nicht zu gefährden. Daher sind die Auswahl des Rohrwerkstoffs, die Dämmeigenschaften und die Dimensionierung von großer Bedeutung.

Das klassische Fernwärmerohr aus Stahl ist hinsichtlich der mechanischen Belastbarkeit und der Erfahrung bezüglich der Nutzungsdauer bei Fernwärmenetzen die erste Wahl.

Gerade bei kleinen Mikronetzen werden häufig auch flexible Kunststoffleitungen eingesetzt. Diese sind vergleichsweise günstiger in der Anschaffung und einfacher zu verlegen. Zu beachten ist bei diesen Rohsystemen jedoch, dass hohe Betriebstemperaturen ($> 90\text{ °C}$) und hohe Drücke ($> 6\text{ bar}$) die Lebensdauer maßgeblich negativ beeinflussen. Ebenso ist ein nachträglicher Anschluss von Wärmekunden an das im Betrieb befindliche Netz aufwändiger.

Generell sind Rohrleitungen mit der besten verfügbaren Dämmqualität zu empfehlen. Ebenso sind Überdimensionierungen zu vermeiden, um Wärmeverluste zu reduzieren. Sogenannte Doppelrohrsysteme, in denen das Vor- und Rücklaufrohr in einem Mantel verbaut sind, reduzieren die Verluste weiter. Die Wärmeleitungen werden unterhalb der Frostgrenze in 1 bis 1,5 Metern Tiefe verlegt. Hindernisse, zum Beispiel Straßen, Gewässer und Bahntrassen, werden beim Verlegen mithilfe von Bohrungen unterquert. Auch wichtig: Größere Wärmenetze werden mit einem sogenannten Leckwarnsystem ausgestattet, sodass Undichtigkeiten schneller geortet werden können.

Strom aus Biomasse

Strom aus dem eigenen Holz, davon träumen viele. Die Möglichkeiten zur Verstromung von Holz sind zahlreich. In der Realität zeigt sich, dass die Anlagentechnik hoch komplex ist und ein Betrieb nur unter optimalen Bedingungen Sinn macht. Vor allem im großvolumigen Bereich von 500 Kilowatt bis zu mehreren Megawatt elektrischer Leistung sind Generatoren auf Basis von Dampfturbinen oder ORC-Prozessen bereits weit verbreitet. Im geringsten Leistungsbereich (wenige Watt bis Kilowatt) werden Stirlinganlagen eingesetzt, die Temperaturänderungen in mechanische Energie umwandeln. Die Wärmequelle ist eine Biomassefeuerung. Bei solchen Anlagen sind die elektrischen Wirkungsgrade jedoch gering.

Strom aus Holzgas

Eine zukunftssträchtige Technologie im mittleren Leistungsbereich, zwischen 20 und 500 Kilowatt, ist die Nutzung von Holzgas. In einem mehrstufigen Verfahren werden dem Holz brennbare Gase entzogen, die anschließend einen Motor antreiben. Dabei entstehen Ökostrom (mit einem elektrischen Wirkungsgrad von rund %) und Abwärme. Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb ist eine hohe Auslastung von mindestens 7.000 Volllaststunden pro Jahr und eine ganzjährige Wärmenutzung. Auch die Kosten für das Energieholz und der Betreuungsaufwand

der Anlage sind für die wirtschaftliche Beurteilung wichtig. Holzgas bietet sich für den Einsatz bei Sägewerken mit Trocknungsanlagen, in der Hotellerie, bei landwirtschaftlichen Betrieben, wenn ein ganzjähriger Wärmebedarf besteht, und bei Biomasse-Nahwärmenetzen an. Anlagenbetreiber müssen sich jedenfalls Gedanken über die Trocknung und eine etwaige Siebung des Brennstoffs machen. Für einen sauberen Vergasungsprozess wird qualitativ hochwertiges Hackgut mit geringen Feinanteilen und einem Wassergehalt von weniger als 15 % benötigt.

Anlagendimensionierung

Heizlastberechnung ist Voraussetzung für richtige Anlagendimensionierung

Eine präzise Anlagendimensionierung erfordert eine vorherige Heizlastberechnung. Diese muss für die kälteste Jahreszeit ausgelegt werden, nicht für den durchschnittlichen Bedarf. Verschiedene Verfahren können für diese Berechnung verwendet werden. Hierbei ist das Wissen über die thermische Qualität der Gebäudehülle von Bedeutung. Das Heizsystem gleicht Transmissionswärmeverluste (Temperaturverluste von innen nach außen) sowie Lüftungswärmeverluste aus. Bei der Berechnung ist zu unterscheiden, ob es sich um eine Überprüfung der Heizlast bei

Bestandsgebäuden oder um die Dimensionierung neuer Anlagen in Bestands- und Neubauten handelt. Die Heizlast, die in Energieausweisen angegeben ist, kann aufgrund der Berücksichtigung solarer Gewinne nur begrenzt angewendet werden, insbesondere bei größeren oder älteren Objekten. Neben der normgerechten Heizlastberechnung kann zur Anlagendimensionierung auch eine grobe Abschätzung vorgenommen werden. Dies kann entweder durch Rückrechnung des Brennstoffverbrauchs oder durch Einschätzung der thermischen Gebäudequalität erfolgen.

Normgerechte Verfahren zur Heizlastberechnung

In Österreich werden Heizlastberechnungen gemäß den Normen ÖNORM H 7500-3 und ÖNORM H 7500-1 durchgeführt. Die ÖNORM H 7500-3 bietet eine vereinfachte Schätzung der Gebäudeheizlast. Hier wird die Heizlast über das Hüllflächenverfahren ermittelt; dieses Verfahren wird hauptsächlich für schnelle Abschätzungen verwendet. Im Gegensatz

dazu berücksichtigt die ÖNORM H 7500-1 die raumweise Ermittlung der Heizlast, wobei die Summe der Einzelraumheizlasten die Gebäudeheizlast ergibt. Dieses Verfahren berücksichtigt auch interne Bauteile (Zwischenwände, Zwischendecken) und die Temperaturanforderungen der einzelnen Räume basierend auf ihrer Nutzung.

Heizlast durch Rückrechnung des Brennstoffverbrauchs

Diese vereinfachte Methode wird häufig in der Vorplanungsphase von Mikronetzen oder kleineren Nahwärmanlagen angewendet. Bei dieser Methode wird der Brennstoffverbrauch des derzeitigen Heizsystems zurückgerechnet, wobei der Gesamtjahresnutzungs-

grad der bestehenden Anlage berücksichtigt werden muss, worin auch die Problematik dieser Methode liegt. Außerdem fließt die Warmwasserbereitung in die Berechnung ein, sofern diese von der Heizanlage durchgeführt wird.

Beispiel:

Bestehende Ölheizung, Jahresverbrauch 2.500 Liter, Alter der Heizanlage 20 Jahre
 Heizwärmebedarf pro Jahr (1 lt HEL = 10 kWh)

25.000 kWh x Jahresnutzungsgrad 75 %
 Nutzungsgradbereinigter Heizwärmebedarf 18.750 kWh

Ergebnis: Heizlast bei 1.550 Volllaststunden (inkl. Warmwasseraufbereitung) 12,1 kW

Jahresnutzungsgrad von Wärmeerzeugungsanlagen

Beim Jahresnutzungsgrad werden neben dem Kesselwirkungsgrad auch die Verluste der Wärmeverteilung, der Wärmeabgabe sowie Anheiz- und Auskühlverluste über das Jahr berücksichtigt.

Jahresnutzungsgrade verschiedener Wärmebereitstellungssysteme

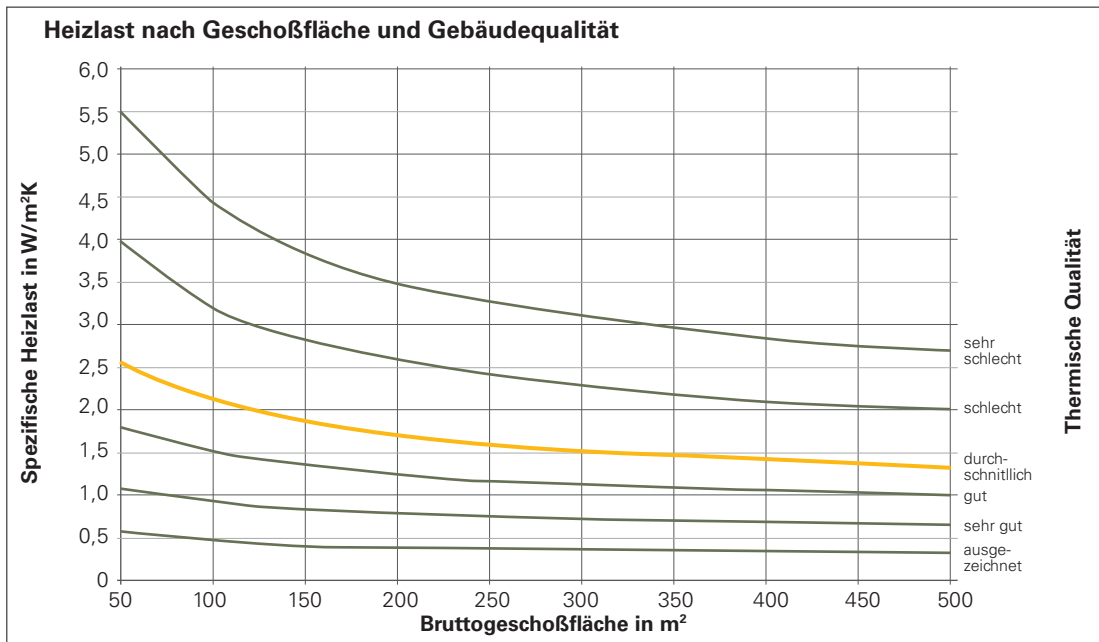
Wärmeerzeuger	Neuanlage richtig dimensioniert	Altanlage gut dimensioniert
Allesbrenner	65–68 %	55 %
Ölfeuerung	81–84 %	75 %
Erdgasfeuerung	90–93 %	85 %
Pelletsfeuerung	81–85 %	75 %
Stückholzfeuerung	75–79 %	60 %
Hackgutfeuerung	77–81 %	70 %
Fernwärme	95 %	90 %
Wärmepumpe JAZ*	4	3

* JAZ: Jahresarbeitszahl. Sie misst das Verhältnis von zugeführter Energie (Strom) zu erzeugter Energie (abgegebener Wärme).

Überschlägige Ermittlung aufgrund der Gebäudequalität

Durch eine Einschätzung der thermischen Gebäudequalität sowie unter Berücksichtigung der Bruttogrundfläche (Summe der beheizten Geschoße innerhalb des beheizten Bereichs inklusive Außenwandstärke) kann die spezifische Heizlast in W/m²K in groben Zügen ermittelt werden. Zusätzlich wird die Normaußentemperatur abhängig von der Region benötigt, und auch die Raumtemperatur muss

berücksichtigt werden, um die notwendige Heizlast zu bestimmen. Die Normaußentemperatur ist für jede Region und Wetterstation in Österreich verfügbar. Für eine grobe Abschätzung reicht es oft aus, die Normaußentemperatur mit -13 °C und die erforderliche Raumtemperatur (entsprechend der Norm) mit 20 °C anzunehmen.



Beispiel:

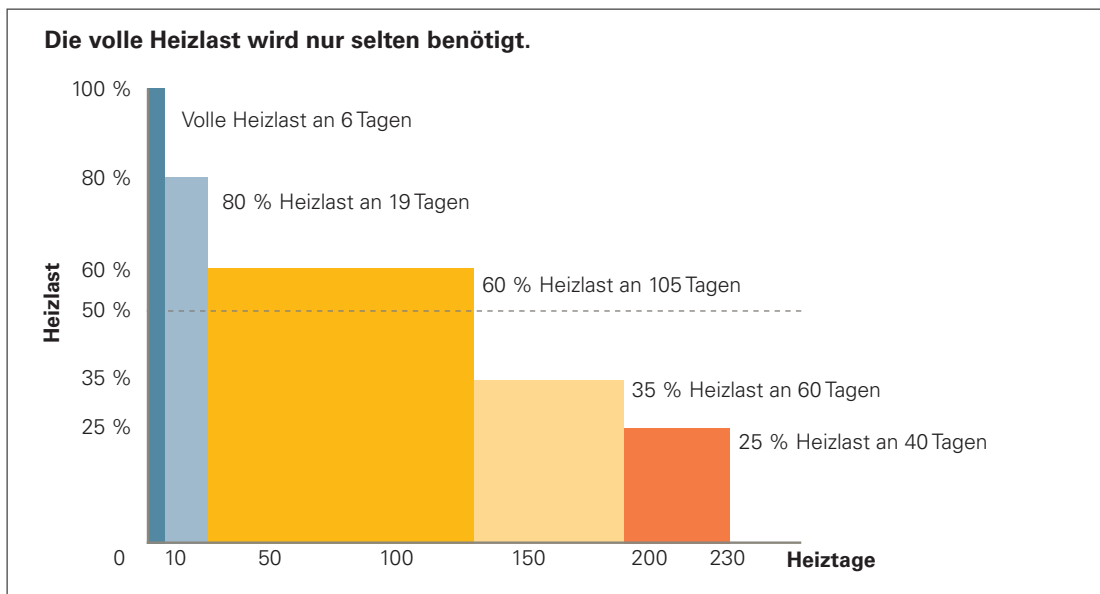
Altbau, Bruttogrundfläche 350 m², schlechte Gebäudequalität
(z. B. Errichtungsstandard 1960–1970, keine thermische Sanierung durchgeführt):
Spezifische Heizlast lt. Grafik 2,3 W/m² K
Temperaturdifferenz (Normaußentemperatur zu Raumtemperatur)..... 33 °C
Spezifische Heizlast = 2,3 W/m² K x 350 m² x 33 °C / 1.000 26,6 kW
Bei dieser überschlägigen Berechnung wird die Warmwasseraufbereitung nicht berücksichtigt.

Anlagendimensionierung

Die korrekte Dimensionierung einer Heizanlage hat zwei Hauptziele: eine zuverlässige Wärmeversorgung während der kalten Jahreszeit und einen effizienten Anlagenbetrieb. Die vereinfachten Verfahren dienen lediglich einer groben Abschätzung der Heizlast. Bei der Neuinstallation von Anlagen sollte unbedingt eine normgerechte Heizlastberechnung durchgeführt werden.

Bei der Dimensionierung des Wärmebereitstellungssystems sind mehrere Faktoren zu

berücksichtigen. Dazu zählen neben der Gebäudeheizlast auch die zeitliche Verteilung der Heizlast über das Jahr, der Kesselwirkungsgrad der Anlage, die Gleichzeitigkeit der Wärmeabnehmer (gerade bei Mikronetzen mit mehreren Abnehmern) und die Verluste der Wärmeverteilung. Empfohlen wird eine normgerechte Auslegung der Heizanlage, insbesondere wenn unterschiedliche oder mehrere Abnehmer versorgt werden.



Pufferspeicher

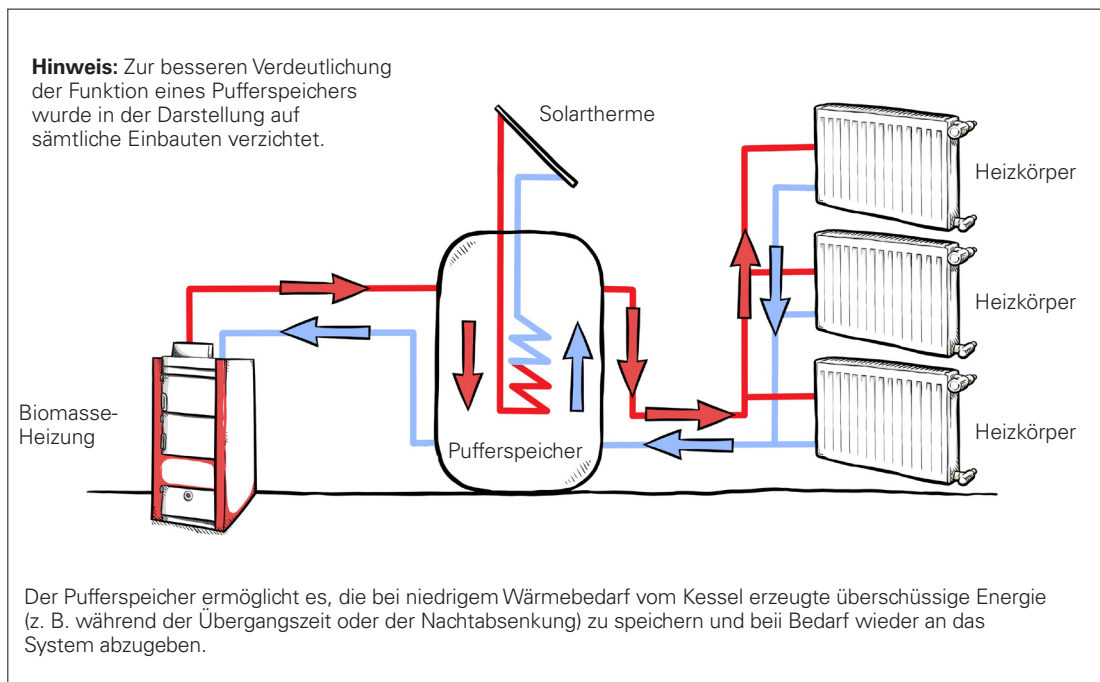
Die Aufgabe eines Pufferspeichers besteht darin, Wärme zu speichern und für einen späteren Zeitpunkt zu bevorraten, also zu puffern. Einfach gesagt ist ein Pufferspeicher ein großer, vom Heizungswasser durchflossener Behälter, der zwischen Wärmeerzeuger (z. B. Scheitholzheizung) und Wärmeverbrauchern, also Heizkörpern oder Fußbodenheizflächen, installiert wird. Der Pufferspeicher ist aufgrund des schwankenden Wärmebedarfs im Verlauf der Heizperiode notwendig. Über rund die halbe Heizsaison liegt der Wärmebedarf eines Gebäudes zwischen 15 und 50 % der errechneten Heizlast. Moderne Biomasse-Heizungen sollen die Kesselleistung jedoch nicht unter 30 % der Nennleistung reduzieren, da es sonst zu Wirkungsgradverlusten und erhöhten Emissionen kommt.

Besonderheit Schichtladespeicher

Der Schichtladespeicher ist eine Sonderform des Pufferspeichers. Er ist so konstruiert, dass sich eine besonders stabile Wärmeschichtung des Heizungswassers ausbildet. Während sich bei konventionellen Wärmespeichern durch die Heizwasserdurchmischung schnell eine niedrigere Mitteltemperatur ergibt, stellt der Schichtladespeicher der Anlage auch im fast entladenen Zustand noch heißes Wasser zur Verfügung, denn er kühlt beim Entladen langsam von unten beginnend aus, während das Wasser im oberen Bereich lange warm bleibt.

Kombination mehrerer Wärmeerzeugern

Pufferspeicher sind sehr vielseitig und können mit den verschiedensten Wärmeerzeugern kombiniert werden. Mithilfe von multivalenten



Speichern lassen sich auch mehrere Wärmeerzeuger an einem Pufferspeicher anbinden. So kann neben dem Biomassekessel auch eine thermische Solaranlage zur Heizungsunterstützung gerade in der Übergangszeit an den Puffer angeschlossen werden. Ebenso ist es möglich, an den Heizkreislauf angeschlossene Kaminöfen in den Pufferspeicher einzubinden.

Auch überschüssiger Strom aus der Photovoltaikanlage kann mittels eines Heizstabs im Puffer in Wärmeenergie umgewandelt und gespeichert werden.

Auf die richtige Größe kommt es an

Der Pufferspeicher soll die Überschusswärme der Heizungsanlage aufnehmen, die im Augenblick nicht für Heizzwecke gebraucht wird oder genutzt werden kann. Ist der Speicher zu klein für die Leistung der Biomasse-Heizung,

überhitzt der Kessel, was irreparable Schäden verursachen kann. Ein zu großer Puffer hat den Nachteil, dass der Speicher nicht durchgeladen werden kann und somit nicht die gewünschte Abnahmetemperatur erreicht wird. Die optimale Größe wird von Experten berechnet.

Für eine überschlägige Auslegung gelten folgende Richtwerte:

Scheitholzheizung

100 Liter je kW Kesselleistung oder Füllraumvolumen des Kessels multipliziert mit 14

Hackgut- und Pelletsheizung

50 Liter je kW Kesselleistung
Bei Niedertemperaturheizungen (z. B. Fußboden-/Wandheizungen) ist die nutzbare Kapazität des Puffers höher als bei Radiatorheizungen. Eine Pufferspeichertemperatur von 40 °C

ist für die Beheizung eines Wohnzimmers durch Heizkörper weitgehend nutzlos, für eine moderne Fußbodenheizung jedoch noch ausreichend (maximale Vorlauftemperatur für eine Fußbodenheizung von 45 °C beachten).

Eine Kombination des Kessels mit einer Solaranlage ist vorteilhaft, da neben der Warmwasserbereitung im Sommer auch ein extremer Schwachlastbetrieb des Kessels verhindert wird.

Wärmeinhalt im Puffer

Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt etwa 4,18 kJ/(kg x K), was bedeutet, dass 1 kg Wasser um 1 Kelvin (oder 1 Grad Celsius) erhitzt werden kann, indem 4,18 kJ bzw. 1,163 Wh Energie zugeführt werden. Nehmen wir an, wir möchten 1 Liter Wasser (1 kg) von 20 °C auf 100 °C erhitzen. Die benötigte Energie lässt sich wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} \text{Energie} &= \text{Masse} \times \text{spezifische Wärmekapazität} \times \text{Temperaturdifferenz} \\ (Q &= m \times c \times \Delta t) \\ \text{Energie} &= 1 \text{ kg} \times 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K}) \times (100 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 334 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Beachtenswert ist, dass dieselbe Energiemenge auch benötigt wird, um 334 Liter Wasser um 1 °C zu erwärmen.

Wird beispielsweise ein Pufferspeicher mit 2.000 Litern von 30 °C auf 80 °C erwärmt, benötigt man die folgende Energiemenge:

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta t = 2.000 \times 4,18 \times 50 = 418.000 \text{ kJ} (= 418 \text{ MJ}) \\ 418.000 \text{ kJ} / 3.600 &= 116,3 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Vorteile auf einen Blick

- Höherer Kesselwirkungsgrad und verringerte Emissionen, da der Heizkessel immer im optimalen Bereich arbeiten kann
- Aufgrund der erzielten Effizienzsteigerung führt ein Pufferspeicher auch zu einer Reduktion der Heizkosten.
- Erhöhte Lebensdauer des Heizkessels durch einen gleichmäßigeren Kesselbetrieb mit geringeren Taktraten
- Geringerer Energieverbrauch durch verringerte Einschaltzeiten im Sommer
- Weitgehende Vermeidung von Kesselversottung
- Über einen Pufferspeicher können mehrere Wärmeerzeuger in einer Heizungsanlage einfach miteinander kombiniert werden.

Warmwasserbereitung

Komfortabel, energiesparend und günstig soll sie sein: die Warmwasserbereitung. Vorbei sind die Zeiten, in denen alle Aufmerksamkeit ausschließlich dem Energiebedarf für die Beheizung eines Gebäudes geschenkt wurde. Warmwasser wird das ganze Jahr über benötigt und macht bei Neubauten und sanierten Gebäuden teilweise mehr als die Hälfte des Wärmebedarfs aus.

Warmwasserbedarf

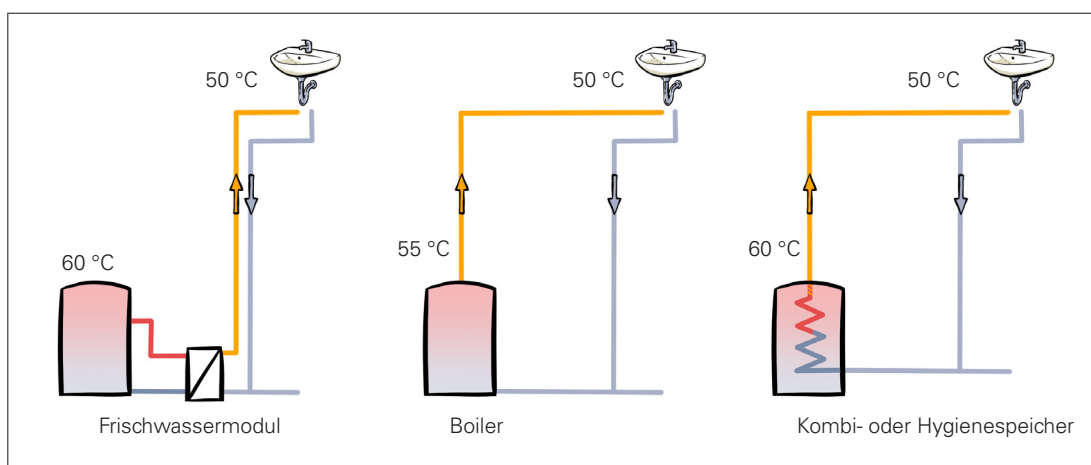
Vom Duschen und Händewaschen bis zum Geschirrspülen: Pro Person kann mit einem durchschnittlichen Warmwasserbedarf von rund 40 Litern (mit 60 °C) pro Tag gerechnet werden. Der tatsächliche Bedarf hängt allerdings stark von den Nutzungsgewohnheiten ab. Wer beispielsweise viele Vollbäder genießt, hat einen höheren Verbrauch. Auf ein Jahr hochgerechnet brauchen sparsame Menschen rund 900 kWh Energie für die Warmwasserbereitung und weniger sparsame ungefähr 1.300 kWh.

Arten der Warmwasserspeicherung

Unabhängig davon, durch welchen Energieträger die Warmwasserbereitung erfolgt, stellt

sich die Frage, wie das erwärmte Wasser gespeichert werden soll. Dabei gibt es die Möglichkeit der Speicherung im Boiler oder die Nutzung des Pufferspeichers.

Bei der Warmwasserspeicherung im Boiler wird Trinkwasser in einem korrosionsbeständigen Behälter – dem Boiler – erwärmt. Wird ein Wasserhahn geöffnet, strömt das warme Wasser aus und kaltes in den Boiler nach. Das System ist einfach, weit verbreitet und wartungsarm. Die Lebensdauer hängt primär von der Wasserqualität ab. Von Zeit zu Zeit sollte der Boiler – je nach Härte des Wassers – entkalkt werden. Wichtig ist auch, dass der Boiler richtig dimensioniert wird. Im Einfamilienhaus bewegen sich die Boilergrößen zwischen 200 und 400 Litern.



Als Faustregel gilt: Rund 100 Liter Boiler- volumen pro Person sind ausreichend.

Alternativ zur Speicherung von warmem Trinkwasser im Boiler, kann die Energie auch im **Pufferspeicher** gespeichert und dann über einen Wärmetauscher auf das Trinkwasser übertragen werden. Diese Lösung ist technisch aufwändiger als bei einem Boiler. Der Vorteil ist, dass sich die Qualität des Warmwassers während längerer Stillstandszeiten nicht verschlechtern kann. Pufferspeicher mit einem internen Wärmetauscher im Speicher werden als Kombi- oder Hygienespeicher bezeichnet. Externe Wärmetauscher werden Frischwassermodule genannt. Bei Pufferspeicherlösungen für die Warmwasserbereitung gibt es kaum Probleme mit Verkalkungen.

Häufig wird auch ein Durchlauferhitzer eingesetzt, um die thermische Wasserspeicherung zu vermeiden. Die Funktionsweise ist einfach: Kaltes Wasser strömt in das Gerät, während gleichzeitig ein Heizelement aktiviert wird. Dieses Heizelement (meist elektrisch) erhöht die Temperatur des durchfließenden Wassers, sodass am Ausgang warmes Wasser zur Verfügung steht. Ein Durchlauferhitzer ist zwar nur dann aktiv, wenn warmes Wasser benötigt wird, jedoch wird zum Erwärmen eine hohe Stromleistung benötigt. In den meisten Fällen sind Durchlauferhitzer in den Gesamtkosten teurer als Warmwasserspeicher.

Die richtige Warmwassertemperatur

Die ideale Temperatur von Dusch- und Badewasser liegt zwischen 37 und 39 °C. In der Küche werden Temperaturen bis 50 °C benötigt. Eine Temperatur um 50 °C sollte im Normalfall für alle Anwendungen ausreichend sein. In relevanten Hygienerichtlinien für Ein- und Zweifamilienhäuser ist festgehalten, dass eine Mindestauslaufemperatur von 50 °C erreicht werden können muss. Gerade bei Boilersystemen besteht bei Temperaturen zwischen 30 und 45 °C die Gefahr von Legionellenwachstum. Daher sind hier häufig Temperaturen von über 60 °C anzufinden. Pufferspeichersysteme haben diesbezüglich hygienische Vorteile.

Warmwassererzeugung

Während der Heizperiode ist die Zentralheizung, beispielsweise der Stückholzkessel, der Energieerzeuger für das Warmwasser. Für eine komfortable und kostengünstige Warmwasserbereitung bietet sich vor allem für die Sommermonate eine Kombination der Biomasseheizung mit einer thermischen Solaranlage oder einer Brauchwasserwärmepumpe an. Dadurch wird die Einschaltdauer des Kessels in den Sommermonaten reduziert und die Lebensdauer des Heizkessels erhöht.

Anlagenoptimierung

Um Heizanlagen zu optimieren, ist es wichtig, das gesamte System zu betrachten. Verluste können an vielen Punkten auftreten – angefangen vom Kessel über den Pufferspeicher bis hin zur Regeltechnik, den Verteilleitungen und dem Wärmeabgabesystem. Der folgende Abschnitt zeigt die Hauptquellen von Verlusten auf und erläutert die Optimierungsmöglichkeiten.

Kessel und Kamin

Ein bedeutendes Einsparpotenzial liegt beim Energieerzeuger, also dem Kessel. Verluste entstehen durch schlechte Kesseldämmung und Abgasverluste. Eine Überdimensionierung der Anlage erhöht die Verluste weiter. Durch richtige Dimensionierung und Erneuerung kann der Jahresnutzungsgrad eines Heizkessels auf über 90 % gesteigert werden. Regelmäßige Kesselreinigung und -wartung tragen ebenso zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung bei. Ablagerungen von Staub, Schwefel, Ruß und anderen Stoffen verschlechtern den Wärmeaustausch. Eine Rußschicht von 2 mm kann die Abgasverluste bei Altkesseln von von 12 auf 17 % erhöhen.

Bei Erneuerung oder Sanierung der Heizung sollte auch der Kamin bzw. das Abgassystem überprüft werden. Abgastemperaturen von 180 °C sind nicht nötig, aber der Taupunkt (100 °C) im Kaminende darf nicht unterschritten werden, um zu vermeiden, dass der Kamin versottet. Optimal ist die Abstimmung mit dem Rauchfangkehrer und Heizungsinstalleur. Eine falsche Dimensionierung oder kurze Kesselaufzeiten im Sommer können Kaminversottungen verursachen, da die notwendigen Temperaturen nicht erreicht werden. Ein

Pufferspeicher kann Abhilfe schaffen, indem er die Heizintervalle verlängert und Bereitstellungsverluste verringert.

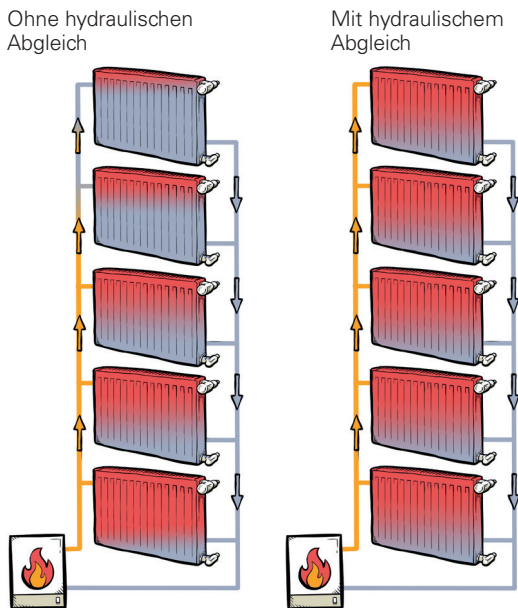
Wärmeverteilsystem

Verteilleitungen und Steigleitungen im unbeheizten Raum werden oft übersehen. Bei der Heizungsoptimierung müssen auch Dämmungen von Verteil- und Steigleitungen im Heizraum sowie in unbeheizten Räumen in Betracht gezogen werden. Eine nachträgliche Isolierung von Verteilleitungen ist kostengünstig, kann in Eigenregie durchgeführt werden und rentiert sich rasch. Nicht isolierte 28-mm-Kupferrohre haben beispielsweise bei 55 °C Vorlauftemperatur Verluste von 180 kWh je Laufmeter und Jahr. Durch eine 30-mm-Dämmung reduziert sich der Verlust um zirka 85 %. Bei einer Verteilleitungslänge von 30 Laufmetern können pro Jahr mehr als 5.000 kWh Energie eingespart werden.

Ähnlich verhält es sich bei Umwälzpumpen: Ältere Pumpen sind nicht steuerbar und verbrauchen im Einfamilienhaus häufig 400 kWh Strom pro Jahr. Lediglich der Pumpendruck bzw. die Förderhöhe lässt sich in 3 Stufen regeln. Moderne, frequenzgesteuerte Pumpen senken den Energiebedarf um bis zu 80 %.

Hydraulischer Abgleich des Wärmeabgabesystems

Ein Effizienzsteigerungspotenzial liegt in der Wärmeverteilung und beim Abgabesystem. Ein Abgleich kann die Heizkosten um bis zu 15 % senken. Strömendes Wasser folgt dem geringsten Widerstand, wenn das System nicht abgeglichen ist. Daher werden Räume kälter, je weiter diese von der Heizung entfernt sind. Ein guter Abgleich erhöht die Effizienz, während falsche Anpassungen (z. B. Erhöhung der Förderleistung der Umwälzpumpe) überhitzte Räume und hohe Pumpkosten verursachen. Beim hydraulischen Abgleich werden die Heizkörperventile neu eingestellt, Regulierungsventile an den einzelnen Heizsträngen eingebaut und Pumpen angepasst oder gegebenenfalls getauscht. Der hydraulische Abgleich sollte bei jeder thermischen Änderung des Gebäudes durchgeführt werden.

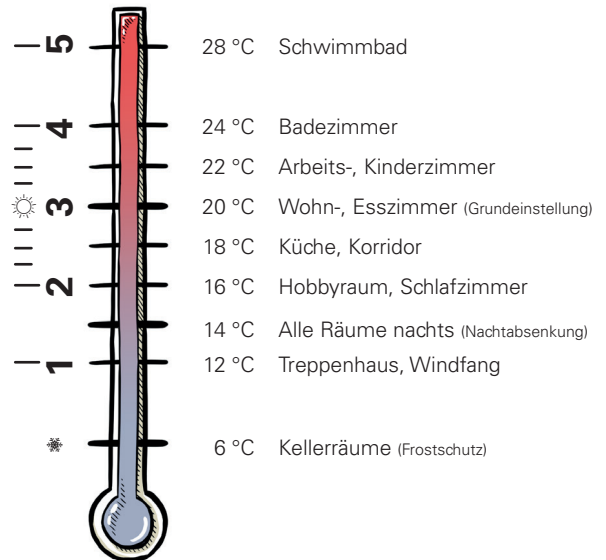


Ohne hydraulischen Abgleich werden entfernte Heizkörper beim Aufheizen unterversorgt.

Raumthermostate

Raumthermostate sollten bei Heizkörpern Standard sein. Durch richtige Einstellung kann die gewünschte Raumtemperatur je nach Nutzung eingestellt werden und führt zu Komfortsteigerung und Energieeinsparung.

Ein Raumthermostat verfügt über einen integrierten Temperatursensor. Dieser misst kontinuierlich die aktuelle Temperatur im Raum. Ein häufiges Ändern der eingestellten Temperatur führt dazu, dass das Heizsystem unnötig oft ein- und ausgeschaltet wird. Dies kann nicht nur zu Energieverschwendung führen, sondern auch den Verschleiß erhöhen.



Das Raumthermostat wird oft falsch verstanden. Es vergleicht die Wunschtemperatur mit der Raumtemperatur. Der Raum wird nicht schneller warm, wenn das Thermostat voll aufgedreht ist.

Gut zu wissen!

Heizwerte verschiedener Energieträger

Zur Einordnung des Rohstoffs Holz dient der Heizwertvergleich mit anderen Brennstoffen auf der Basis kg, l und m³.

Energieträger	Heizwert	CO ₂ -Emissionen
Heizöl extraleicht	10,00 kWh/l	0,269 kg/kWh
Heizöl leicht	10,70 kWh/l	0,277 kg/kWh
Steinkohle	7,43 kWh/kg	0,342 kg/kWh
Koks	8,06 kWh/kg	0,382 kg/kWh
Braunkohle-Briketts	5,28 kWh/kg	0,353 kg/kWh
Erdgas	10,00 kWh/m ³	0,199 kg/kWh
Flüssiggas	12,87 kWh/kg	0,230 kg/kWh
Holz (20 % Wassergehalt)	4,00 kWh/kg	0,000 kg/kWh
Holzpellets	4,80 kWh/kg	0,000 kg/kWh

Umrechnung von Energieeinheiten

	kWh	MJ	Mcal
1 kWh =	1	3,6	0,86
1 MJ =	0,278	1	0,239
1 Mcal =	1,163	4,187	1

kWh = Kilowattstunde; MJ = Megajoule;
Mcal = Megakalorie

Gewusst



Es braucht 1,163 kWh oder 1 Mcal, um 1.000 Liter Wasser um 1 °C zu erwärmen.

Umrechnung Wassergehalt zu Holzfeuchte

Wassergehalt (%)	Holzfeuchte (%)
0,00 %	0,00 %
10,00 %	11,10 %
20,00 %	25,00 %
30,00 %	42,86 %
33,33 %	50,00 %
40,00 %	66,66 %
42,86 %	75,00 %
50,00 %	100,00 %
55,55 %	125,00 %

Im Bereich Energie aus Holz ist der Wassergehalt die übliche Maßeinheit. Im Gegensatz dazu wird in der Holzverarbeitenden Industrie vorwiegend die Holzfeuchte verwendet.

Eigenschaften von Hackgut

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
M	Wassergehalt M10 bis M55+	Gibt den Wassergehalt in Prozent an. Die Zahl neben dem M gibt dabei den maximal zulässigen Wassergehalt in 5-Prozent-Schritten an. Beispielsweise darf M30 einen Wassergehalt zwischen 25 und kleiner 30 % aufweisen.
P	Partikelgröße bzw. Stückigkeit P16S bis P63	P16S und P16: feines Hackgut P31S und P31: mittleres Hackgut P45S und P45: grobes Hackgut P63: sehr grobes Hackgut
F	Feingutanteile F02, F05 bis F30+	Gibt den gewichtsmäßigen Anteil von feinen Partikeln (kleiner 3,15 mm), wie z. B. Nadeln oder Laub, im Hackgut in 5-Prozent-Schritten an.

Energieeffiziente Landwirtschaft

Diese Broschüre wurde im Rahmen des Bildungsprojekts „Energieeffiziente Landwirtschaft: Sichert Zukunft. Spart Geld.“ erstellt, das von Bund, Ländern und Europäischer Union unterstützt wird. Ziele des Projekts sind die Erhöhung der Energieeffizienz sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft.



Kontakt und Projektpartner

LK Österreich

Referat Energie

energie@lk-oe.at

Schauflergasse 6, 1010 Wien

LK Oberösterreich

Abteilung Forst & Bioenergie

bioenergie@lk-ooe.at

Auf der Gugl 3, 4021 Linz

LK Salzburg

Abteilung Forstwirtschaft

forst@lk-salzburg.at

Schwarzstraße 19, 5020 Salzburg

LK Steiermark

Referat Energie, Klima und Bioressourcen

energie@lk-stmk.at

Hamerlinggasse 3, 8010 Graz

LK Kärnten

Abteilung Forst & Energie

forstwirtschaft@lk-kaernten.at

Museumgasse 5, 9020 Klagenfurt

LK Tirol

Fachbereich Recht, Wirtschaft und Forst

energie@lk-tirol.at

Brixner Straße 1, 6020 Innsbruck

LK Niederösterreich

Referat Energie

energie@lk-noe.at

Wiener Straße 64, 3100 St. Pölten

LK Vorarlberg

Referat Forst & Umwelt

forst@lk-vbg.at

Montfortstraße 9, 6900 Bregenz

Impressum 05/2024_20.000: Die eingesetzten Rohstoffe stammen aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern (Papier: Dito – PEFC-zertifiziert). Für den Inhalt verantwortlich:

Klaus Engelmann MSc, DI Herbert Haneder, Ing. Martin Mayer, Dr. Christian Metschina; Titelmontage: shutterstock (Tim photo-video, Mindscape studio), LK Steiermark; Illustrationen: Cornelia Schwingenschlögl; Konzeption, Layout und Covergestaltung: © thesignwerkstatt.at; Lektorat: Mag. Michaela Beichtbuchner; Druck: Druckerei Schmidbauer, Fürstenfeld.

